

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық-техникалық университеті

А.Т. Қасенова

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ НЕГІЗДЕРІ ЖӘНЕ МИНЕРАЛОГИЯ

Кристаллография және минералогия пәнінің оқу құралы
(«5В070600 – Пайдалы қазбалар кенорындарының геологиясы және
оларды барлау» мамандығына арналған)

Университеттің Ғылыми әдістемелік кеңесі оқу құралы ретінде
ұсынған

Алматы 2012

ЖОК 548.(075.8)

Қ 20

Қ 20 Қасенова А.Т. Кристаллография негіздері және минералогия: Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2012. – 189 б.

Сурет – 34. Кесте – 11. Әдебиеттер – 17 атау.

ISBN 978 – 601 – 228 – 351 – 8

Оқу құралында «Кристаллография және минералогия» пәні бойынша дайындалған дәрістер, минералдар және олардың кластарын сипаттау тақырыптары келтірілген.

Кристаллография негіздерінде кристалдық заттардың пайда болуы және өсуі қарастырылған. Олардың кристалдық тордағы атомдық құрылысы, изоморфизм түрлері мен полиморфизм деген ұғымдардың мәнісі түсіндірілген. Минералогия бөлімінде табиғаттағы минерал-жаралу процестері, минералдық зерттеу әдістері, минералдардың парагенетикалық ассоциациялары, генерациялары және типоморфизмі нақты мысалдармен қарастырылған. Минералдардың химиялық құрамы және физикалық қасиеттері, агрегаттарының морфологиясы, коллоидтық жүйелері, минералдардағы су, минералдардың жүйелеуіне назар аударылған. Соңғы бөлімінде минералдардың кластар бойынша жалпы сипаттамасы берілген.

Оқу құралы «Пайдалы қазбалар кенорындарының геологиясы және оларды барлау» мамандығына даярлау бағдарламасына сәйкестендіріліп жазылған. Студенттер және магистранттардың өзіндік жұмысында және басқа геологиямен байланысы бар мамандарға пайдалануға болады.

ЖОК 548.(075.8)

Пікір жазғандар:

Беспаев Х.А., Қ.И. Сәтбаев ат. Геогиялық ғылымдар институты, «Асыл металдар» зертханасының меңгерушісі, геол.-минер. ғыл. док-ы,
Бекенова Ғ.Қ., Қ.И. Сәтбаев ат. Геогиялық ғылымдар институты, Микро- және наноминералогия зертханасының басқарушысы, геол.-минер. ғыл. док-ы,
Абишев Б.М., геол.-минер. ғыл. канд., Мұнай және газ каф. доц.-і, Қ.И. Сәтбаев ат. ҚазҰТУ.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің
2012 жылғы жоспары бойынша басылды

ISBN 978 – 601 – 228 – 351 – 8

© Қасенова А.Т., 2012

©ҚазҰТУ, 2012

КІРІСПЕ

Кристаллография мен минералогия ғылымдары бір-бірімен өте тығыз байланысты, себебі жер қыртысын құрайтын минералдар және солардан құралған таужыныстар, кендер және кристалдық агрегаттардың ішкі құрылысы көбінесе кристалдық болады. Ал кристалдар туралы ғылым – **кристаллография**, қатты заттар құрылысының заңдылығын зерттейді. Кристаллографияның өнеркәсіппен байланысы өте зор. Кристаллография минералогия-петрография саласындағы ғылымдардың (минералогия, петрография, геохимия, пайдалы қазбалардың кенорындары туралы білім) негізі болып табылады.

Қазіргі кезде минералогия көптеген геологиялық ғылымдардың негізін құрайды, ең бастысы – петрография мен минералогия. Осы ғылымдардың нысаны таужыныстар мен кендер, ал олар жер қыртысын құрайтын дербес минералдық агрегаттар болып табылады.

Пайдалы қазбалар өнеркәсіптің әр саласында, минералдық шикізаттар немесе байытудан өткен технологиялық өнімдер мен шығарылып алынған таза пайдалы минералдар түрінде қолданылады. Темір құрамды кендерден өндірілген темір, металлургия, машина жасау, теміржолдар, көпірлер, темір-бетон конструкциялары, әскери техникалар және т.б. негізі болады.

Түсті металлургия, электр өндірістері, кеме құрылысы, машина жасау және т.б. өндіріс салаларының дамуында түсті металдардың рөлі өте зор, ал олар: мыс, мырыш, қорғасын, алюминий, никель, кобальт кендерінен өндіріледі. Сирек металдардың (вольфрам, молибден, ванадий, хром және т.б.) қорғаныстық маңызы зор.

Ауыл шаруашылығында калий тұздары, фосфор (апатит, фосфорит), азот (селитра) және т.б. құрамды минералдық тыңайтқыштар пайдаланылады.

Химия өнеркәсібінде күкірт қышқылын өндіруде күкіртті колчедан – пирит, химиялық препараттар шығаруға күкірт, селитра, флюорит, және бор, калий, магний, сынап минералдары және т.б. пайдаланылады. Резеңке өндірісінде – күкірт, тальк, барит;

жарылғыш заттар шығаруда – күкірт және селитра; қышқылға және отқа төзімді материалдар өндіруге – асбест, кварц, графит және т.б.; бояу жасау ісі және эмаль мен глазурь өндіруде – галенит, сфалерит, барит, және титан, мыс, темір, күшәла, сынап, кобальт, бордың минералдары, ортоклаз, циркон; қағаз жасау өндірісінде – тальк, каолинит, күкірт, кварц, магнезит және т.б. пайдаланылады.

Тас тұзын (галит) адам тамаққа қолданады, дәрілер түрінде – мирабилит (глауберлік тұз), висмут, барий, бор және иод тұздары, медицинада – гипс, саз-балшықтар, радиоактивтік заттар және т.б. пайдаланылады.

Асыл металдар (алтын, күміс, платина) валюталық металдар ретінде және зергерлік істе кең қолданылады. Асыл және жартылай асыл минералдар (алмаз, сапфир, зүбаржат, топаз, бирюза, анартас, т.б.) әшекей және көркем бұйымдар шығаруға пайдаланылады.

Адам өміріндегі құрылыс ісінде қаптауыш ретінде көп қолданылатын таужыныстар – яшма, родонит, әктас, мәрмәр, кварцит, гранулит және туфтар. Оптикалық құралдар жасауға кварц, исландия шпаты, слюдалар, турмалин, флюорит пайдаланады. Сағат және басқа да құралдар шығаруға агат, корунд, циркон, рубин, кварц қолданылады. Қатты заттарды тегістеу және жылтырату үшін алмас (карбонадо), корунд, анартас, кварц түрпілеу материалдар ретінде қолданылады. Жұмсақ және майлы минералдар (тальк және графит) толтырғыштар ретінде, механизмдердің үйкелгіш бөлшектерін майлауға және т.б. пайдаланылады.

Минералогияның ең басты міндеті кенорындары кендерін сапалы зерттеу және сипаттау болады. Шығарылған кендер көбінесе балқытуға дейін және технологиялық өнделмей тұрып, арнайы фабрикаларда механикалық байытудан өтеді. Сол кезде минералдардың өзіндік әртүрлі қасиеттері пайдаланылады, олар: меншікті салмақ, магниттілік, электр өткізгіштік, флотациялық реагенттерге қатынасы мен төзімділігі және т.б. Кендерді құрайтын минералдар түйірлерінің өлшемі және олардың бір-бірімен бірігуі қалпы өте маңызды. Бұл жұмыстарды атқаруда техно-минералогиялық зерттеулер басты рөл атқарады.

Іздеу және барлау жұмыстарын жүргізгенде геологтардың кристаллография негіздерін және минералогияны білуі өте маңызды. Жоғарыда аталған міндеттерді шешу үшін минералдарды алдын ала, көзбе-көз нақты анықтап, кристаллографиялық және минералогиялық

сипаттамаларын жүргізуі қажет. Сонда минералдардың сингониялары, пішіндері мен келбеттері, химиялық және физикалық қасиеттері, ерекше диагностикалық белгілері, парагенетикалық ассоциациялары және жаратылысын анықтайды.

Қазіргі кезде геологтардың алдында отанымыздың минералдық қорын өсіру міндеті тұр, ол жаңа кенорындарын ашу және ашылған минералдық байлықтарды игеруге белсенді қатысу болып табылады.

Ұсынылып отырған оқу құралы кіріспе және үш бөлімнен тұрады. Оның міндеті студенттерге «Кристаллография және минералогия» пәні бойынша керекті мәліметтер беру.

Бірінші бөлімінде кристаллография және кристаллохимия негіздері қарастырылған. Кристалдық заттардың пайда болуы, өсуі және қасиеттері, кристалдық құрылыстары, атомдық және иондық радиустары, изоморфизм түрлері мен полиморфизм мәселері анық түсіндірілген.

Екінші бөлімінде табиғаттағы минералжаралу процестері, минералдардың парагенетикалық ассоциациялары, генерациялары, типоморфизм, химиялық құрамы, коллоидтық жүйелер, минералдағы суға назар аударылған. Бөлімнің соңында кристаллохимия негізіне байланысты минералдардың жүйеленуі келтірілген және минералдардың кластарына жалпы сипаттама берілген.

Үшінші бөлімінде кластары бойынша 120-дан аса минералдарға жалпы сипаттама берілген, олар – сомтума элементтер, сульфидтер, тотықтар және сулы тотықтар, галогенидтер, карбонаттар, сульфаттар, ұсақ кластарының минералдары және силикаттар мен алюмосиликаттар. Сипаттама кезінде минералдар аттарының пайда болу тарихы, формулалары, химиялық құрамы, сингониялары, пішіндер мен келбеттері, физикалық қасиеттері, жаратылысы, парагенетикалық ассоциациялары және қолданылуы көрсетілген. Осы белгілі қасиеттері минералдарды көзбен нақты анықтауға мүмкіндік туғызады. Ал диагностикалауы қиынға соқса, онда микроскопиялық, рентгенометриялық, химиялық, спектралдық, электронды-микроскопиялық және т.б. минералдық зерттеулерді қолдану қажет, олардың міндеттері қысқаша екінші бөлімде қарастырылған.

Берілген тақырыптарды студенттер жақсы түсінуі және игеруі үшін кестелер, суреттер және минералдардың фотосуреттері берілген. Олардың кейбіреулері ғаламтордың «Минералдар каталогы» сайтынан алынды.

1. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ НЕГІЗДЕРІ

1.1. Кристаллография ғылымының мазмұны және оның басқа ғылымдармен байланысы

Табиғи минералдардың 98 %-ы кристалдық құрылымды заттар, сондықтан да минералогия ғылымын игеру, әрқашан да кристаллография негіздерімен танысудан басталады.

Кристаллография ғылымы кристалдық заттардың сыртқы пішіні, ішкі құрылысы, құрылымы, пайда болу жолы, химиялық және физикалық қасиеттерін зерттейді. Зерттеу бағыттарына және әдістеріне қарай кристаллография 3 түрге бөлінеді: **геометриялық кристаллография** – кристалдардың сан алуан пішіндері, олардың жақтарының аралық бұрыштар шамасын анықтаумен айналысады; **физикалық кристаллография** немесе **кристаллофизика**, **химиялық кристаллография** немесе **кристаллохимия** – кристалдар және минералдардың физикалық немесе химиялық қасиеттерінің кристалдық құрылымына байланыстығын зерттейді.

Кристалдардың құрылысы мен химиялық құрамын кристаллохимия зерттейді. Қазіргі кезде кристаллография математика, физика, химияға сүйенеді.

Кристалдар туралы ғылым мен минералогия, петрография және геохимия өте тығыз байланысты. Сондай-ақ, техникалық ғылымдар – металлография, радиотехника, таулы өнер, кристаллографияның мәліметтерін пайдаланады.

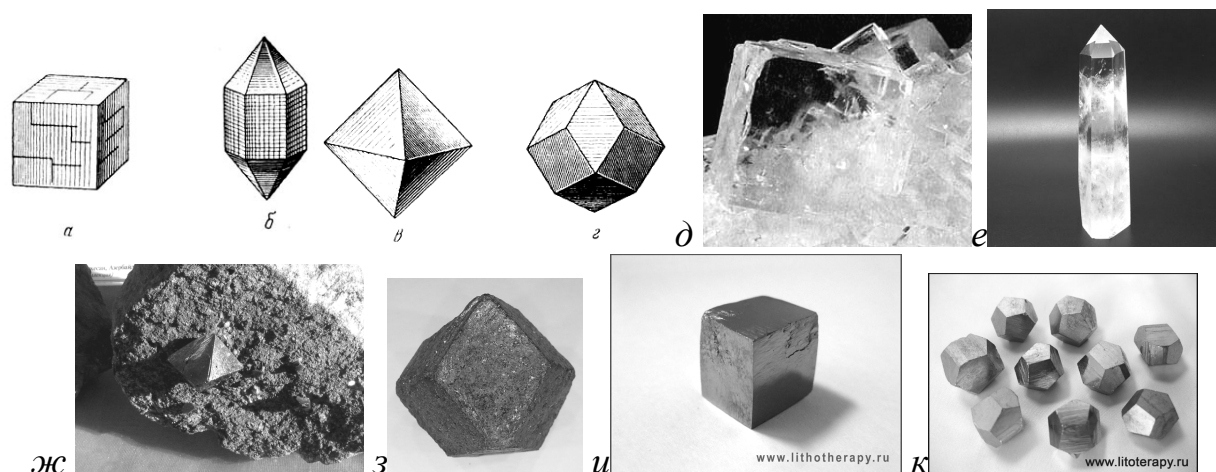
1.2. Кристалдық заттар, олардың пайда болуы, өсуі және қасиеттері

Қатты заттар табиғатта, аморфты және кристалды түрлерінде кездеседі.

Аморфты заттарды (грекше – «пішінсіз зат») құрайтын бөлшектер ретсіз орналасқан, олар өзіндік көп жақты пішіндер түзей алмайды (мысалы, жанартаулық шыны). Оларда кристалдану, симметрия құру қасиеттері жоқ.

Кристалдық заттар табиғатта өте кең тараған, жер қыртысын құрайтын әртүрлі таужыныстар мен кендер кристалдық түйірлі агрегаттардан тұрады. Барлық металдар, олардың балқыламалары, айналадағы ортаны қоршаған заттардың көбі кристалдық денелерге жатады.

Кристалдар деп құрамына енетін бөлшектер, атомдар, иондар, молекулалар заңды түрде орналасқан көп жақты қатты денелерді атайды. Кристалл – «кристаллос» деген грек сөзінен алынған, ол суықта қатып қалған «мөлдір дене» деген ұғым береді. Ертедегі гректер осылайша мұз бен мөлдіртасты атаған. Уақыт өткен сайын кристалл деп табиғатта пайда болған немесе зертханалық жолмен алынған көп жақты қатты денелерді атайтын болады. Табиғи кристалдарда басқа көп жақты заттарға тән шектелу элементтері болады. Оларға жақтар, қабырғалар және бұрыштар жатады. Жақтар – көп жақты кристалдарды шектейтін жазықтықтар, қабырғалар – сол жақтардың қиылысу сызықтары. Екі қиылысқан жазықтық екі жақты бұрыш түзейді. Қырлардың қиылысу нүктесі – төбе. Кристалдардың шектелу элементтері бір-бірімен «Эйлер» формуласымен заңды түрінде байланысты: $h + e = r + 2$; мұндағы h – кристалдағы жақтар саны, r – қырлар саны, ал e – төбелер саны. Кристалдар мысалына табиғи минералдардың кристалдарын келтіруге болады: алты жақты ас тұздың (галит) және пириттің текшесі, кварцтың гексагондық призмасы, магнетиттің сегіз жақты октаэдрі, он екі жақты анартастың ромбододекаэдрі және пириттің пентагондододекаэдрі (1-сурет).



1-сурет. Минералдар кристалдарының пішіндері
 (а, д) ас тұздың (галит) текшесі; (б, е) кварц гексагондық призмасы; (в, ж)
 магнетит октаэдрі; (г, з) анартас (альмандин) ромбододекаэдрі; пирит
 текшесі (и) және пентагондододекаэдрі (к)

1912 жылдан бері рентгендік сәулелер арқылы, микроскоппен көрінбейтін бөлшектерді зерттеу мүмкіншілігі туды. Осы әдіс арқылы күйе, балауыз, көздің мөлдір қабығы, майда кристалдар агрегаттарынан тұратыны белгілі болды.

Кристалдардың пайда болуы

Кристалдар балқыған магма, ертінділер, газдар, қатты аморфты заттар, бастапқы кристалдардың қайта кристалдануынан түзіледі.

Ертінділерден кристалданғанда еріткіш өзінің құрамындағы ерітілген заттың артық мөлшерін тұндырады, демек кристалдар тек қаныққан ертінділерден түзіледі. Ертіндінің қанығуы әртүрлі себеппен байланысты: еріткіштің булануы, ертіндіге түзілген кристалдардың еруін төмендететін заттар қосылуы, қысым мен жылудың өзгеруі. Көлдердің түбіндегі тұздардың түзілімдері, ертінділерден кристалдануының мысалы болады.

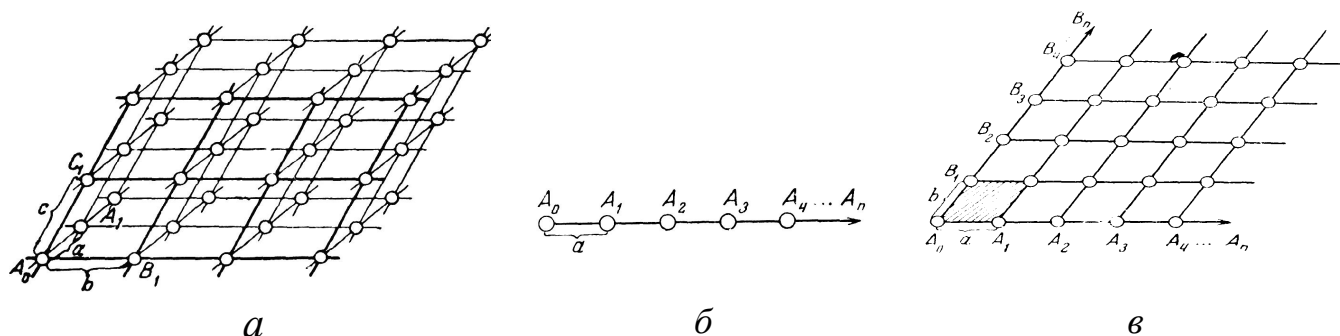
Балқымалардан кристалдану процестері магмалық заттардың қатаю нүктесіне дейін сууы кезінде өтеді. Тереңдік, саяз және жер бетіндегі көптеген кристалтүйірлік таужыныстар оттай-сұйық балқыма – магмадан пайда болған.

Газ тәрізді қалыптан кристалданған кезде кристалдар сұйық фазаға өтпей, бу және газдан пайда болады. Осындай процестер кенеттен температураның төмендеуі және қысымның өсуімен байланысты. Табиғатта газ тәрізді заттардан кристалдануды жанартаулардың атқылауынан көруге болады, сонда бөлінген жанартаулық газдар кебу жарықтарына енеді, олар суыған кезде кристалданады (күкірт, тас тұз, сильвин, т.б.). Мысалы, будың әсерінен қаршалар, терезенің әйнегіндегі аяздың өрнектері пайда болады және т.б.

Қатты заттардан кристалдану процестерінде бастапқы магмалық және шөгінді таужыныстары жоғарғы қысым және температурада балқып, олардан басқа метаморфтық таужыныстардың минералдары кристалданады. Оның мысалы ретінде метасоматоз процесі болуы мүмкін, ол кезде бастапқы минералдардың балқуы және жаңа минералдар пайда болуы бір мезгілде өтеді, ал таужынысы қатты күйінде қалады. Аморфты жанартаулық шынылары, қысымға немесе қызуға ұшыраса, олардың ішінде кристалдар пайда болады. Күн көзінде көп жатқан шыны да күңгірт тартып, кристалдана бастайды.

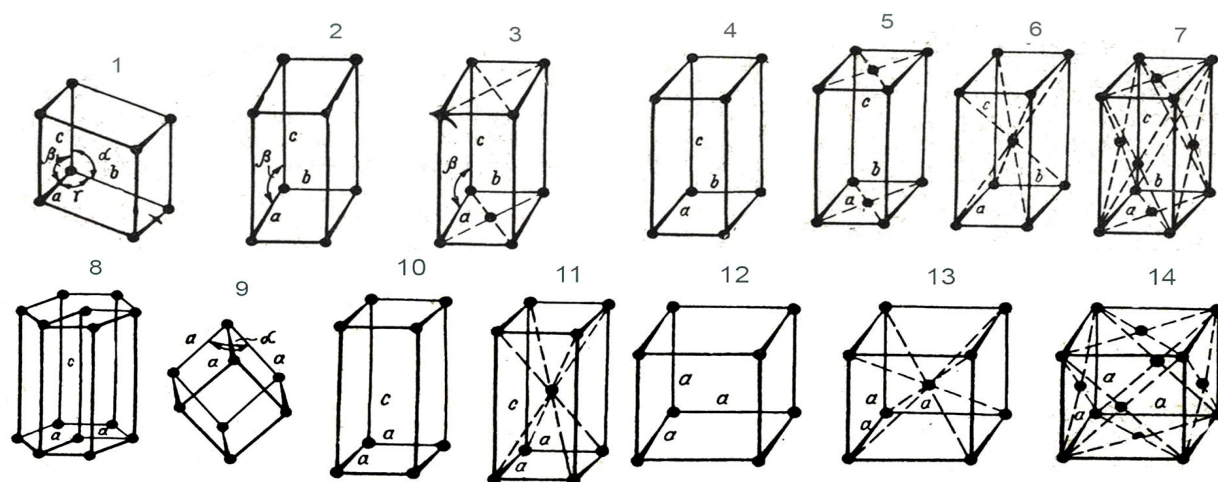
Кристалдардың өсуі дегеніміз, оны құрайтын бөлшектердің реттеліп, кеңістік торда белгілі тәртіп бойынша түзіліп құралуы. Ал кристалдардың геометриялық дұрыс пішінді боп өсуі, олардың ішкі атомдық құрылысымен байланысты. Кристалдың құрамындағы бөлшектер – атомдар, иондар, немесе атомдар мен иондар топтары,

занды түрде, кеңістік торлардың төбелерінде орналасады. Егер осындай топ зарядталған болса, оны радикал деп атайды, ал ол бейтарапты болса – молекула дейді. Кеңістік торды, мөлшері бірдей параллелепипедтердің жиынтығы ретінде қарауға болады (2-сурет).



2-сурет. Кеңістік тор – *a*, кеңістік тордың қатары – *б*, жалпақ тор – *в*

Түйінді төбелерді жалғастырып тұрған сызықтар – тордың қатарлары, түйіндер арқылы өтетін жазықтықтар, жалпақ тор деп аталады. Төбесінде тордың түйіні орналасқан дара параллелепипед – кеңістік торының ұясы. Кристалдарда түйіндер жиынтығы олардың төбелерін белгілейді, кеңістік тордың қатары қыры болып табылады, тор көзінің жазығын жағы деп санауға болады. Француз ғалымы О. Бравэ 1855 ж. кеңістік торлары ұяларының 14 түрлерін теориялық жолмен анықтап шыққан. Ол жеті сингонияға сәйкес элементарлық 7 ұя болатындығын анықтады (3-сурет).



3-сурет. Бравэнің кеңістік торларының 14 ұясы

1 – триклиндік, 2-3 моноклиндік, 4, 5, 6, 7 – ромбылық, 8 – гексагондық, 9 – тригондық (ромбоэдрлік), 10-11 – тетрагондық, 12, 13, 14 – кубтық

Таужыныстарына еңген магма суыған кезінде, онда көптеген кристалдану орталықтары пайда болады. Кристалдар өсу процесінде бір-бірімен тақасып, қысылысы нәтижесінде кристалдық түйірлі таужыныстар пайда болады.

Ерітінді немесе балқыма ішінде кристалдардың барлық жақтары бірдей жылдамдықпен өседі. Тезірек өскен жақтардың мөлшері біртіндеп кішірейді, ал біраздан кейін мүлдем жойылып кетуі мүмкін. Сондықтан да кристалдардың сырт пішіні өсу процесінде өзгеріп отырады. Табиғатта кейде белдемді кристалдар да кездеседі. Бұл процесс кристалл өсуі кезінде, кристалдану бірде тоқтап, бірде қайталануына байланысты болады.

Кристалдық заттардың қасиеттері

Барлық кристалдар бірқатар негізгі қасиеттерге ие, бұл қасиеттер оларды аморфты денелерден айырады. Кристалдық заттарға мынадай негізгі қасиеттер тән.

1. **Біртектілік** – кристалдың құрамы мен қасиеттерінің бүкіл кристалл денесі бойынша ауытқымай, тұрақты және заңды болып қалуы.

2. **Анизотроптық** деп параллель бағыттарда қасиеттері бірдей, параллель емес бағыттарда қасиеттері әртүрлі денелерді атайды. Кристалдардың әртүрлі физикалық қасиеттері, мысалы, жылу өткізгіштігі, қаттылығы, серпінділігі, т.б. осы аталған бағыттардың өзгеруіне байланысты болып келеді.

3. Ал **изотроптық денелерде** мұндай заңдылық жоқ, олар барлық бағытта да бірдей қасиетке ие.

4. **Өзіндік қайта жақтану қасиеті.** Бұл қасиет тек кристалдық заттарға тән. Бос кеңістікте өскен кристалдар, өздеріне тән қабырғаларымен шектелген көп жақты денелер түзейді.

5. **Симметрия құру қабілеттілігі.** Симметрия деп заттардың немесе олардың бөлшектерінің жазықтықта немесе кеңістікте заңды орналасуының қайталануын айтады. Барлық кристалдық денелерге симметриялық қасиет тән. Симметрия табиғатта кең тараған, мысалы, көбелектің қанаттары, гүлдің жапырағы, адамның екі қолы және т.б.

1.3. Кристаллохимия негіздері

1.3.1. Химиялық байланыстар түрлері, координациялық сан. Шарлардың тығыз қалануы

Минералдардың химиялық құрамы, қасиеттері, арасындағы химиялық байланыс заңдылықтарын зерттейтін ғылым саласы **кристаллохимия**, оның маңызы аса зор. Бұл білімнің тарихы өте ертеден басталады. М.В. Ломоносов және Р.Ж. Аюи XVIII ғасырда кристалдардың ішкі құрылымын олардың сырт пішіні және қасиеттерімен байланыстырды. М.В. Ломоносов селитра кристалдарын зерттей отырып, құрайтын материалдық бөлшектері – «корпускулалардың», шар тәрізді бір бөлшектің айналасына тығыз қалануынан пайда болатындығын ойлап шығарды. Р.Ж. Аюи де кристалдық көп жақтылардың осындай тығыз қаланған шарлардан құралған бөлшектерден тұратынын анықтады. Кристалдық заттардың ішкі құрылымы заңды түрде атомдар, иондар, молекулалардың кеңістік тор түрінде орналасатыны анықталды. 1912 жылдан бері, Лауэ, Брегг, Вульф және т.б. рентгенқұрылымдық зерттеулер жүргізіп, барлық минералдардың кристалдық құрылымын толықтай зерттеді.

Атом ядросының оң заряды – протон, оның сыртындағы электрон қабатының теріс заряды тең болады. Оң және теріс зарядталған иондар – анион және катион деп аталады. Атомдар мен иондардың сыртқы пішіндері сфера (шар) тәрізді деп саналады. Олардың радиустары **атомдық немесе иондық радиустар** деп аталады. Олар ангстреммен өлшенеді, $1 \text{ \AA}^0 - 10^{-10} \text{ м}$ -ге тең. Иондық радиус шамасы, оның валенттілігімен байланысты, валенттілік артқанда радиус кішірейеді, ол аниондар катиондардан ірілеу болады. Мысалы, атомдар радиусы: $C - 0,77 \text{ \AA}^0$; $N - 0,71 \text{ \AA}^0$; аниондар радиустары – $Cl^{-1} - 1,61 \text{ \AA}^0$; $O^{-2} - 1,32 \text{ \AA}^0$; катиондар – $Mg^{+2} - 0,78 \text{ \AA}^0$; $Fe^{+3} - 0,67 \text{ \AA}^0$.

Атомдардың арасындағы химиялық байланыс олардың агрегаттық қалпына байланысты емес, ол электрондардың валенттілігімен байланысты сипатталады. Химиялық байланыстар төрт негізгі түрге бөлінеді: металдық, коваленттік, иондық, ван-дер-ваальстік.

Металдық байланыс элементтердің периодтық кестесінің бірінші тобына және интерметаллидтерге тән, олар бос

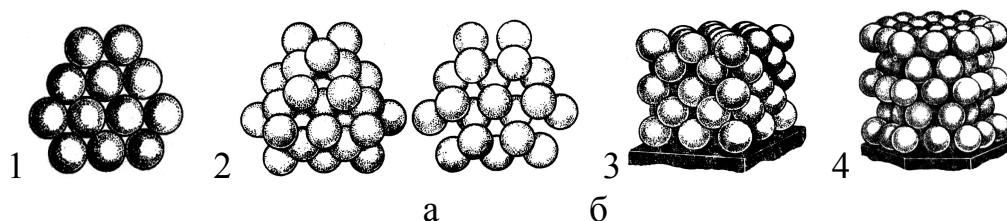
электрондардың және оң зарядталған ядролардың бір-бірімен әрекеттесуімен пайда болады. Металдардың бар атомдары өздерінің валенттік электрондарын жалпы қолдануға береді, оның нәтижесінде «электрондық газ» пайда болады. Бұл байланыс бағдарлы әлде сфералық симметриялық емес, осының әсерінен металдардың негізгі қасиеттері түсіндіріледі: тапталғыштығы, жылуөткізгіштігі, электрөткізгіштігі, төмен қаттылығы, балқу және қайнау нүктелерінің төменділігі. Металдық байланыста атомдар өте тығыз орналасқан. Оларға жоғарғы координациялық сандар тән ($КС > 8$).

Коваленттік (гомеополярлық) **байланыс** екі көршілес атомдардың сыртқы валенттік орбиталарында электрондардың ортақ болуынан, және олардың екеуі де тұрақты асыл-газды элементтің конфигурациясына ие болуымен пайда болады. Коваленттік байланыс қатаң, бағдарлы, қанық және өте берік. Осындай байланыс түрлері бар кристалдар нашар ерігіш, қаттылықтары жоғары, балқу және қайнау нүктелері жоғары, мортты, шала электрөткізгіш болады. Атомдардың координациялық сандары төмен, тығыз қалануы жоқ. Мысалға алмасты келтіруге болады.

Иондық (гетерополярлық) **байланыс** оң зарядталған катиондар мен теріс зарядталған аниондардың электростатикалық (кулондық) қарым-қатынастарынан пайда болады. Байланыс бағдарсыз және қанықсыз. Иондардың электростатикалық тарту күші және осындай молекулалардың тұрақтылығы, олардың иондарының зарядына және олардың өлшеміне байланысты болады. Заряд неғұрлым үлкен болса, соғұрлым ион майда, және ол өзінің көршілерімен тығыз байланысты болады. Иондық байланысты кристалдар суда ерігіш болады, оларға диэлектрлік қасиет, морттылық, төмен жылу және электрөткізгіштік, орта тығыздық және қаттылық, өте жоғары балқу және қайнау нүктелері тән. Иондық байланысты құрылымдар жоғары координациялық сандармен және атомдардың тығыз қалануымен сипатталады. Егер әр ион тек қарама-қарсы зарядталған ионмен жапсарласа, минералдың кристалдық құрылымы тұрақты болады, демек катиондардың қатынасу алаңы (өлшемі майдалау) аниондардың алаңдарымен жапсарласады (өлшемі үлкенірек), ал соңғылары бір-бірімен жапсарласпайды. Иондық байланыс минералдық ортада галогенидтер, нитраттар, сульфаттар, карбонаттарда болады. Мысалы, иондық байланысы бар минерал – галит.

Ван-дер-ваальстік (қалдықты) **байланыс** бейтарапты молекулалардың арасында, дипольдық кезеңдегі «ядро-электрон» арасындағы тартылыс күштің әсерінен пайда болады. Осы құбылыс дисперстік эффект деп аталады, ол ван-дер-ваальстік байланыстың пайда болуының басты себебі болады. Осы байланыс химиялық байланыстардың ең нашары, минералдарда сондай байланыс болғанда, олардың жымдастығы және қаттылығы төмен болады (графит).

Шарлардың тығыз қалануы. Бірдей бөлшектерден тұратын, жеке элементтер класындағы минералдардың кристалдық құрылысын құрастырғанда, олардың атомдарының барлығы бірдей сфералық (шарлар), радиустары да бірдей, демек кристалдық торда шарлар тығыздалып орналасады (4-сурет).



4-сурет. Шарлардың жазықтықта тығыз қалануы (1), екі қабатта орналасуы (2: а – бітеу шұңқырлар; б – ашық шұңқырлар) және тығыз қалануы (3 – кубтық тығыз қалану; 4 – гексагондық тығыз қалану)

Бірдей шарлардың қалануының екі әдісі бар кубтық және гексагондық. Шарлардың екі қабатын, бірінің үстіне екіншісін тығыз орнастыратын болсақ, әрбір түйіскен үш шардың аралығындағы шұңқырлар, екі түрлі болады. Олардың бірі, астыңғы қабаттағы шарлардың аралығына келеді, оны **бітеу шұңқырлар** дейді, екіншісі екі қабаттан бірден өткен шұңқырларды – **ашық шұңқырлар** деп атайды (4-сурет). Үшінші қабаттағы шарлар, ашық шұңқырлардың үстіне тура келсе, онда **кубтық тығыз қалануы** болады. Ал үшінші қабаттағы шарлар бітеу шұңқырлардың үстіне тура келсе, онда **гексагондық тығыз қалануы** болады (4-сурет). Кубтық тығыз қалану түрінде құралған металдарға – мыс, күміс, платина, алтын және т.б. жатады. Гексагондық тығыз қаланған элементтер: бериллий, магний, мырыш және т.б. Тығыз қалану құрылымы, тек сомтума элементтерде ғана емес, сонымен қатар, күрделі қосындыларға тән. Мысалы, ірі сфералы аниондар, өзара тығыз қаланғанда, олардың араларындағы бос орындарға ұсақ сфералы катиондар орналасады.

Әрбір атомның айналасында, бірдей қашықтықта орналасқан ең жақын атомдардың санын **координациялық сан** деп атайды. Кубтық және гексагондық тығыз қалану құрылымында, әрбір атомның айналасында 12 атом болады, демек координациялық саны, 12. Кристалдық симметриялық тор заңы бойынша, координациялық сандар 2, 3, 4, 6, 8, 12 болады. Катион радиусының анион радиусына қатынасы 0 болса, үйлестік саны 2 болады; 0,15–3; 0,22–4; 0,41–6; 0,73–8; 1–12 болады. Координациялық сандар катион радиусының R_k , анион радиусына R_a қатынасына байланысты ($R_k:R_a$). Иондардың радиустарын біліп – әр құрылымның координациялық санын білуге болады (1-кесте).

1-кесте

Координациялық сандар

Координациялық сан	Қоршау пішіні	$R_k:R_a$ қатынасы
2	сызық	до 0,15
3	үшбұрыштық	0,15–0,22
4	тетраэдр	0,22–0,41
6	октаэдр	0,41–0,73
8	куб	0,73–1,37
12	кубоктаэдр	1

Кристаллографияның маңызды бөлімдерінің бірі кристалдардың физикалық қасиеттерін зерттейтін **кристаллофизика** екені жоғарыда айтылды. Кристаллографияның барлық бөлімдері әсіресе кристаллохимия мен кристаллофизиканың практикалық маңызы өте зор.

Қорыта айтқанда, рентгенқұрылымдық әдістері кристалдардың физикалық, химиялық және геометриялық қасиеттерінің, олардың атомдық құрылымымен тікелей байланысты болатынын дәлелдеп берді.

1.3.2. Изоморфизм және оның түрлері. Полиморфизм.

Табиғи минералдардың ішінде химиялық құрамы жағынан таза болатындары сирек кездеседі. Олардың құрылымдары әртүрлі химиялық қосындылардан тұрады. Кейбір минералдарда мұндай

қосындылар өте аз. Сондықтан да біз оларды **құрамы тұрақты минералдар** деп атаймыз. Мұндай минералдар қатарына кварц SiO_2 (қосындылары Al , Fe , Na , мөлшері 0,01 %-дан аспайды), пирит FeS_2 (мұндағы Co және т.б. қосындылар мөлшері 0,5-1 %-дан аспайды), галит $NaCl$ (оның тазалығы көп жағдайда 99,9 %). Басқа минералдар тобында мөлшері айтарлықтай көп қосындылар бірге кездеседі. Мысалы, сфалериттің құрамында темірдің қосындысы 0-25%-ға жетеді. Мұндай минералдарды **құрамы ауыспалы минералдар** деп атайды.

Олардың құрамының ауыспалы болатының басты себебі – изоморфизм құбылысы. **Изоморфизм бір кристалдық заттардың атомдары (иондары), басқа минералдардың кристалдық торында, атомдарын (иондарын) ауыстыру құбылысын атайды.** Изоморфизм терминін минералогиялық әдебиетке 1819 ж. Австрия ғалымы Э. Митчерлих енгізді. Ол химиялық құрамы әртүрлі кристалдық заттардың сырт пішіні ұқсас болатынын байқаған. Мысалы, $NaNO_3$ кристалдары $CaNO_3$ кристалдарымен.

Изоморфизм құбылысы минералдар арасында кен тараған. Изоморфтық қоспалардың шектелуін көрсететін температура, ол ең маңызды себепкер болады. Жоғарғы температурада өскен кристалдар иондық ауысуы шектелуін үдетеді. Температура төмендегенде изоморфтық құрылымының көлемі азаяды және қатты ерітінділердің ыдырауы байқалады.

Табиғи изоморфтық қоспалардың құрамын құрылымдық формулада көрсетеді, жай жақшаның ішінде изоморфтық элементтерді бір-бірінен үтірмен бөледі. Сонымен, вольфрамиттің химиялық құрамы $(Fe, Mn)[WO_4]$ формуласымен көрсетіледі. Ол изоморфтық қоспа болып табылады, оның құрылымында марганец атомдары темір атомдарын ауыстырады, және керісінше. Осы қатардың шеткі мүшелері ферберит $Fe[WO_4]$ және гюбнерит $Mn[WO_4]$ деп аталады. Минерал оливин $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ де изоморфтық қоспа болады, оның құрылымында магний атомдары темір атомдарымен ауысады. Бұл үздіксіз қатардың шеткі мүшелері форстерит $Mg_2[SiO_4]$ және фаялит $Fe_2[SiO_4]$ болады. Осы ауысулардың жағдайы химиялық байланыстардың және ауысатын атомдарының өлшемі жақын болған кезде өтеді. Қысылмайтын шарлар деген ұғым, ол бір қарағанда дұрыс, бірақ электрлік алаңның кернеуі, заряд және иондардың түрлері өзара қарым-қатынасқа келіп, дұрыс шарлы пішін бұрмаланады да ионның электрондық қабығы

поляризацияланады (деформацияланады). Демек, иондардың радиустарымен қатар поляризациялық қасиеттері ұқсас болуы қажет. Егер поляризация деңгейі әртүрлі болса, ал радиустары тең болғанда да иондардың арасында изоморфизм болмайды (мысалы, Na^+ және Cu^+ арасында изоморфизм жоқ).

Изоморфтық қосындылардың минерал құрамына енуі бұл минералдың кристалдық торын айтарлықтай өзгертпейді, ал кристалдық құрылымның қайта қалыптасуы, өз кеңістік торы бар жаңа минералдың пайда болуына әкеліп соғар еді. Сондықтан изоморфизм құбылысы кезінде мынадай жағдай сақталуы тиіс: 1) изоморфизмге қатысатын атомдардың радиустары жақын болуы керек. Гримм-Гольдшмидт заңы бойынша – иондар мен атомдардың радиус мөлшерінің айырмашылығы 15 %-дан аспауы керек; 2) изоморфизмге қатысатын элементтердің химиялық құрамы бір-біріне ұқсас болуы керек; 3) минералдардың химиялық құрамында, электробейтараптық сақталуы қажет.

Изоморфизмнің түрлері. Изоморфизм құбылысы жоғарыда айтылғандай, кристалдық тордың электробейтараптылығы сақталуы жағдайы, изоморфтық ауысуға қатысатын атомдарының саны, изоморфтық қосындылардың құрылымдық түрі және изоморфизмнің толықты деңгейіне байланысты ажыратылады. Осы айтылған жағдайға байланысты изоморфизм құбылысы былайша жүйеленеді:

1. Валенттіліктердің ауысу деңгейіне қарай: а) изоваленттік изоморфизм – ауысуға түсетін элементтердің валенттілігі бірдей, мысалы, вольфрамит, онда Mn^{+2} , Fe^{+2} ауысады; б) гетероваленттік изоморфизм – кристалдық құрылымдарда қарапайым ауысумен қатар күрделі кешенді ауысу өтуі мүмкін, классикалық мысал болып далашпаттар тобының минералдары плагиоклаздар саналады, олар минералдардың үздіксіз қатары болады, онда Ca^{2+} және Al^{3+} жұпы, Na^+ және Si^{4+} ($CaAl \leftrightarrow NaSi$) жұпына ауысады. Бұл қатардың шеткі мүшелері анортит $Ca[Al_2Si_2O_8]$ және альбит $Na[AlSi_3O_8]$. Құрамы өзгергенде плагиоклаздардың қасиеттері де өзгереді, мысалы, тығыздық, оптикалық қасиеттер, т.б. Изоморфизм нәтижесінде пайда болған ауыспалы химиялық құрамды қоспалар **қатты ерітінділер** деп аталады.

2. Изоморфтық қоспалардың құрылымдық жағдайына қарай: а) орын ауыстырудағы қатты ерітінділер; б) азайтудағы қатты ерітінділері (бос орындардың болуымен сипатталады); в) ендіру қатты ерітінділері (аралық изоморфизм пайда болуы нәтижесінде өтеді).

3. Изоморфизм құбылысының толық өтуіне байланысты:

а) жетілген немесе шектелген изоморфизм – ауысуға мүмкіндігі, белгілі бір шектен аспайтындығы (мысалы, корундта хромның алюминиймен ауысу мөлшері 1,5–2 %-бен шектеледі); б) жетілмеген изоморфизм – ауысуға түсетін атомдарының бір-бірімен толық ауысуы (мысалы, магнезит-сидерит қатары); в) бағытталған полярлық изоморфизм (мысалы, алтынға кіретін мыстың мөлшері 20 %-ға дейін, ал алтынның мыстағы изоморфтық қосындысының мөлшері 2–3 %-дан аспайды). Изоморфтық ауысулар жоғары температуралық жағдайда жеңіл өтеді. Егер көлемдік және оған байланысты қысым жоғары болса, заттардың изоморфтық ауысуы шектеледі, егер төмен болса, ұлғаяды.

Кристалдық заттың химиялық құрамы өзгеруімен қатар, соған сәйкес құрылымы да өзгеруін **морфотропизм** дейді.

Әртүрлі геологиялық жағдайда изоморфизм құбылысы өту ерекшелігі байқалады. Изоморфизм құбылысына әсер ететін басты факторлар минерал пайда болатын процестер ортасы химизмі, температурасы және қысымы.

Химиялық жағдай. Табиғатта бұл жағдай минералдық ортада бір-біріне ауыстыратын элементтердің біркелкілігіне немесе біреуі аз, екіншісінің көп болуына байланысты.

Температураның рөлі. Изоморфтық ауысулар жоғары температуралық жағдайда жеңіл өтеді. Мысалы, магмадан кристаллизациялану кезінде калийлі далашпаттары өз құрамына натрийді сіңіріп алады, кристаллизация өткеннен кейін $(K, Na)(AlSi_2O_8)$ екі фазаға бөлінеді: $(K)(AlSi_2O_8)$ және $(Na)(AlSi_2O_8)$.

Қысымның рөлі. Егер көлемдік әсер және оған байланысты қысым жоғары болса, заттардың изоморфтық ауысуы шектеледі, егер төмен болса, ұлғаяды.

Изоморфизм құбылысының геологиялық факторларға байланысын көп зерттеген академик В.И. Вернадский, геологиялық ортаның әрбір жағдайына сәйкес изоморфтық элементтердің 21 қатарын есептеп шығарды. Сол қатарлар бойынша изоморфтық қосындылар арқылы минералдардың қандай жағдайда жаралғанын анықтауға болады.

Заттың химиялық құрамы өзгеруімен қатар, соған сәйкес құрылымы да, өзгеруін **морфотропизм** дейді.

Полиморфизм. «Полиморфизм» грек тілінен аударғанда «көп пішінді» деген ұғым береді. Бұл құбылыс бойынша химиялық құрамы

бірдей заттар әртүрлі кристалдық құрылымға ие. Полиморфизм құбылысына әртүрлі элементтер және күрделі қосылыстар ұшырауы мүмкін. Химиялық құрамы бірдей, бірақ кристалдық құрылымы мен сингониясы бір-бірінен өзгеше келетін минералдардың тобын **полиморфтық модификациялар** деп атайды. Кубтық сингонияда кристалданатын алмас, гексагондық сингониядағы – графит, олардың формуласы – C , физикалық қасиеттері әртүрлі. Полиморфизм модификациялары: кальцит (тригондық) – арагонит (ромбылық), формулалары $CaCO_3$; пирит (кубтық) – марказит (ромбылық), формулалары – FeS_2 ; ал кварцта 7 полиморфтық модификациялары бар.

Әртүрлі полиморфтық модификациялардың жаратылысы олардың геологиялық жағдайда кездесуіне байланысты. Әрбір модификацияның өзіндік құрылымы бар, яғни оларға арнаулы қасиеттер тән. Көміртегіндегі полиморфизмге алмас пен графитті жатқызуға болады. Олардың қасиеттері әртүрлі. Алмас минералдардың ішіндегі ең қаттысы (қаттылығы Моос шкаласы бойынша 10), ал графиттің қаттылығы 1. Алмастың тығыздығы 3,5, ал графиттікі 2,2. Екі минералдың осынша айрықша себептері, олардың іш құрылымының ерекшеліктерінде болып отыр, көміртегі олардың атомдарының кристалдық торында орналасуынан. Көміртегі атомының графиттегі байланысы өте әлсіз, алмаста өте берік. Графиттің құрылымы қабат-қабат жұқа гексагонды тор тәрізді, осы тор қабаттарының бір-бірінен алыстығы минералдың өте тез қабыршықтануын және жұмсақтығын қамтамасыз етеді.

Полиморфизм 2 түрге бөлінеді. Бірінші түрі – **энантиотропия**, ол полиморфтық модификациялардың белгілі бір температура мен қысымда, бір түрден екінші түріне ауысуы. Мысалы, кварцтың тридимитке, алмастың графитке ауысуы. Екінші түрі – **монотропия**, ол бір полиморфтық модификацияның екінші түрге ауысуы, ал екінші түрден бірінші түрге қайта ауысуы мүмкін емес. Мысалы, марказиттің пиритке ауысуы, ал пириттің марказитке қайта ауысуы мүмкін емес.

Бақылау сұрақтары

1. Изоморфизм деген не, оның түрлері?
2. Полиморфизм деген не, оның түрлері?
3. Морфотропизм деген не?

2. МИНЕРАЛОГИЯ

2.1. Минералогия ғылымының мазмұны және оның басқа Жер туралы ғылымдармен байланысы

Минералдар дегеніміз – жер қойнауында өтіп жататын табиғи физика-химиялық процестердің нәтижесінде жаралған таужыныстарды және кендерді құрайтын біртекті химиялық құрамы және құрылымы бар кристалдық заттар. Минералдарға тек қана кристалдық заттар ғана емес, аморфты және жасырын кристалды табиғи заттар да жатады (халцедон, агат, опал және т.б.). Химиялық көзқарастан минерал – ол бір құрамды, азды-көпті біртекті дене. Физикалық жағынан қараса, әр минерал өзіне тән қасиеттерімен сипатталады: қаттылығы, тығыздығы, магниттілігі, оптикалық қасиеттері және т.б. Әр минералдың өз тарихы бар. Олар жер қойнауында (эндогендік минералжаралу процестер) және оның үстіңгі қабаттарында (экзогендік минералжаралу процестер), теңіздерде және мұхиттарда жаралады. Минералжаралу және өзгеру процестері басқа геологиялық пәндерде толығынан талқыланады. Кейбір минералдар жер бетінде тұрақсыз және мору процесінің әсерінен бұзылады және басқа тұрақты минералдарға ауысады (мысалы, кен тараған далашпаттар сазды минерал каолинитке ауысады).

Минералдар табиғатта өте көп тараған. Қазіргі кезде 3,5 мыңнан аса минералдық түрлері белгілі, ал химиялық, құрылымдық, морфологиялық және физикалық түрлестері 5 мыңнан асады. Табиғатта өте көп тараған минералдардың саны 500-ден аса (далашпаттар, кварц, пироксендер, амфиболдар, хлориттер, слюдалар, сазды минералдар, карбонаттар және т.б.), қалғандары сирек кездеседі. Жер қыртысында оттегінің кең таралуы, сан және салмағы жағынан оттегі қосындыларының кең таралуын қамтамасыз етті. А.С. Поваринныхтың деректері бойынша, оттегі 1538 минералдың құрамына кіреді екен. Табиғатта ең көп тараған силикаттар класы, олар барлық минералдардың ішінен 75 %-ын құрайды. Жер қыртысында ең көп тараған минералдар далашпаттар (плагиокалаз, ортоклаз) және кварц болады, бұлардың жер қыртысындағы үлесі 55 % және 12 %-ға сәйкес.

Минералдардың сингониялар бойынша бөлінуінде де заңдылық байқалады. Неміс кристаллографы П. Гротт (1843–1926) минералдардың табиғатта сингониялар бойынша таралуын зерттей келе, мынадай заңдылықты қортындылады: кристалдардың химиялық құрамы неғұрлым күрделі болса, олардың симметриялары соғұрлым төмен болады. И.И. Шафрановский П. Гроттан кейін табиғатта кең тараған минералдарды сингониялар бойынша талдай отырып, мынадай қорытындыға келді: төменгі категориядағы сингонияларда 760 минерал (57,5 %) кристалданады, ортаңғы категориядағы сингонияларда 377 (29,5 %), жоғары категорияда 171 (13 %). Салыстырып қарағанда, жер қыртысын құрайтын силикаттардың көбі төменгі категориялы сингонияда кристалданады екен.

Минералдарға басқа ғарыштық денелердің (Ай, басқа планеталар және метеориттер) табиғи химиялық және құрылымдық біртекті түзілімдерін де жатқызады. Кейбір метеориттерде белгілі минералдар, Жерде белгісіз (мысалы, кальций сульфиді – ольдгамит CaS немесе темір никель және кобальт фосфиді – шрейберзит $(Fe, Ni, Co)_3P$ болады.

Минералдарға жасанды кристалдар да жатады, олар зертханалық жағдайда алынған, бірақ табиғи минералдарға құрамы, құрылымы және қасиеттері арқылы ұқсас болады (мысалы, жасанды кварц, рубин, сапфир, зүбәржат, алмас, малахит және т.б.).

Минералдық индивидтерінің өлшемі өте үлкен, ал олардың көлемі бірнеше тоннадан (далашпаттар, кварц), өте майда микроскоп арқылы көрінетін түйірлерге дейін болады.

Жыл сайын жаңа бірнеше ондаған минералдар ашылады. Минералдардың аттары олардың химиялық құрамы, физикалық қасиеттері және олардың алғаш табылған жерлерінің атына сәйкес беріледі.

Көп минералдар оларды тұңғыш рет ашып зерттеген ғалымдардың құрметіне аталған. Қазақстанда өткен жылдарда 200-ге таяу жаңа минералдар ашылды. Ванадаттар тобы – казахстанит, сатпаевит, ваналит, альванит; фторид және галогенидтер класынан – гагаринит; сульфат – анкиновичит; фосфат – митряеваевит; алтын және қорғасынның интерметаллиді – новоднеприт және т.б.

Минералдық түр – ол минералдардың біртекті құрылымы мен құрамы бар топтарымен сипатталады, олар тек кейбір шектерде өзгереді. Бірдей құрамды, бірақ әртүрлі құрылымды минералдар,

бөлек минералдық түрлерге жатады (полиморфтық модификациялар). Полиморфтық модификацияның әрқайсында өзінің тұрақты арнасы бар, оның ішінде басқа тұрақты модификацияның болуы мүмкін емес. Мысалы, кальцит және арагонит – олар әртүрлі минералдық түрлер болады.

Егер табиғи минералдардың ішінде құрамы үздіксіз өзгертін болса, онда олар бір ауыспалы және әртүрлі құрамды минералдар қатарына бірігеді. Мысалы, клейофан-сфалерит-марматит – олар бір минералдық қатар болады. Бұл жағдайда минералдық түр және минерал деген ұғым бірдей болады.

Құрылымы, құрамы, физикалық қасиетінің ерекшеліктері **минерал түрлестерінің** бөлуіне қолданылады. Мысалы, мөлдір, жарық-жасыл хром құрамды берилл, зүбаржат деп аталады, ал судай мөлдір-көк берилл – аквамарин. Осындай мысалдарды көп келтіруге болады.

Минералогия – минералдардың химиялық құрамы, құрылымы, физикалық қасиеттері, жаратылу жағдайлары, таралу заңдылығы және практикалық маңызын зерттейтін ғылым саласы. Ол табиғи минералдар және минералдық агрегаттарды анықтаумен және жүйелеумен айналысады.

Минералдар – пайдалы қазбалар ретінде. Минералогияның практикалық маңызы зор, өйткені металдық және бейметалдық пайдалы қазбалар минералдардан тұрады. Халық шаруашылығында минералдар қолданылмайтын салалар жоқ десе болады. Минерал түрлерінің көпшілігін мыс, қорғасын, мышьяк, сурьма, бор, хлор, фтор, уран және ванадий түзейді. Ниобий, тантал, бериллий, никель, кобальт, литий және басқаларының жеке минерал түзудегі рөлі айтарлықтай төмен. Демек, минералдар қара, түсті, сирек, сирек жерлер, бейметалдық кендер құрайды.

Минералдық шикізат – ол халық шаруашылығы өндірістерінде қолданылатын табиғи монокристалды және минералды агрегаттар (таужыныстар – құм, саз, әктастар және т.б.; кендер – полиметалды, мысты және т.б.).

Минералдық қор – шаруашылықта қолданылатын, пайдалы минералдардың кенорындағы мөлшері.

Минералогия бөлімдері. Ғылымда және практикада атқаратын рөлдеріне сәйкес минералогия мынадай салаларға бөлінеді: ізденбелі минералогия, технологиялық минералогия, техникалық және

эксперименталдық минералогия, геммология, медициналық минералогия, экологиялық минералогия, минералогиялық материалтану және жаңа бөлімі – наноминералогия. Минералдардың қолдану салаларының уақыт өткен сайын көбеюі минералогияның жаңа бағыттарының пайда болуына әсер етеді.

Ізденбелі минералогия. Ізденбелі минералогия дегеніміз, кенорындарын іздеуде минералогиялық әдістер және белгілерін анықтау үшін жүргізілетін зерттеулер кешені. Ерте заманнан-ақ, кендерді іздеудің ең басты белгілерінің бірі – кенорындарын құрайтын минералдар болғаны тарихи мағлұматтардан белгілі. Мысалы, құрамында мыс бар сульфидтік кендердің кенорындарын, тотығу белдемдерінде малахитті кездестіру арқылы ашқан. Ал енді қалайы және вольфрам кендері, сол минералдармен бірге кездесетін сырт пішіні бағаналы топаз кристалдарын табу арқылы, темір және қорғасын, мыс кендері скарндардың басты минералдары гранат пен диопсидті табу арқылы ашылған.

Қазіргі кезде ізденбелі минералогияның басты әдістеріне минералдардың парагенезистері және типоморфизмін анықтау жатады. Мысалы, алмас кендерін алдын ала болжау үшін, анартастар тобына жататын пироптың табылуы. Пиропты табу арқылы (пироптық картаға түсіру әдістері) геологтар Батыс Сібірде (Якутия-Саха елінде) алмастың ірі кенорындарын ашты.

Минералдардың физикалық қасиеттері, мысалы, магниттік, электрөткізгіштік, радиоактивтік, люминисценттік қасиеттері, қаттылығы, тығыздығы, серпінділігі, түсі, жылтырлығы, жымдастығы, кен іздеудегі минералогиялық әдістердің ең басты белгілері болып табылады. Осы әдісті пайдаланып алтын, платина, циркон, алмас және т.б. минералдардың кенорындары ашылды.

Технологиялық минералогия. Минералдық шикізаттарды байытудың технологиялық сұлбаларын жасау және кендерден пайдалы компоненттерді шығарып алуда минералогиялық зерттеулердің маңызы зор.

Солардың бірі – технологиялы-минералогиялық зерттеулер. Кенді байытқанда бір жағынан минералдардың технологиялық қасиеттерінің, олардың жаратылысына және құрылымына байланысты екенін зерттеу, ал екінші жағынан минералогиялық және физикалық зерттеу әдістерінің сол қасиеттерді анықтауға пайдалану мүмкіндігі болады. Минералдардың морфологиялық

ерекшеліктерімен қатар, кендердің уатылу және байытылу қабілеттілігі зерттеледі.

Техникалық минералогияға табиғи минералдардың ұқсас нұсқаулары болып табылатын сан алуан техногендік заттарды зерттеу жатады. Олар біріншіден, әртүрлі қоқыстар, күлдер, шөгінділер, металлургиялық процестерде әртүрлі құбырлардың, резервуарлардың керегесінде пайда болады; екіншіден, оптикалық және арнаулы әйнектерді өндеген кезде пайда болатын өнімдер; үшіншіден, бұл заттар өндіріс қалдықтарын немесе кен өндіргенде пайда болатын таужыныстардың үйінділері өзгеріске ұшырағанда пайда болады; төртіншіден, бұл заттар, әртүрлі металлургиялық процестермен кен өндіргенде олардың қоқыстарында пайда болатын жасанды минералдар фазасы. Қазіргі кезде техногендік жолмен пайда болған 50-ге жуық құрамы әртүрлі минералдар анықталды.

Минералогиялық материалтанудың негізгі міндеттері: 1) минералдарды кешенді зерттеу арқылы олардың жаңа пайдалы қасиеттерін табу, санымен қатар жаңа шикізаттарды табу және өнеркәсіптік минералдардың санын көбейту; 2) минералдардың жаңа қолдану салаларын табу және солардың негізінде жаңа жан-жақты қолдануына мүмкіндігі бар материалдарды шығару; 3) минералдарды өз еркімен қолдану жолдарын іздеу, сонымен қатар композициялық материалдардың толтырғыштары ретінде; 4) минералдық шикізаттардың сапасын зерттейтін экспресс-әдістер ойлап шығару, эксперименттік жағдайда немесе агрессивтік ортада жұмыс істегенде минералдардағы зиянды қоспаларды анықтауға болады.

Геммология – асыл тастар туралы білім. Асыл тастарды пайдалану өте көне заманнан белгілі, олар ежелден байлықтың символы болып есептеледі. Қазір де осы қабілеттілігін жоғалтқан жоқ. Асыл тастар, минералогияның әдістерімен қатар көп арнаулы әдістер, құралдар арқылы, сандық және сапалы түрде зерттеліп, тұрмыста, техникада пайдалануға жолдама алады.

Медициналық минералогия. Минералдарды дәрі-дәрмек ретінде пайдалану адам баласына көне дәуірден бері белгілі. Қазіргі кезде өркениетті елдерде мыңдаған медициналық препараттар минералдардың негізінде жасалып келеді. Мысалы, Қытай Халық Республикасының фарминдустриясы өндіретін дәрі-дәрмектердің 40 %-ын минералдық заттар негізінде жасайды. 1700 дәрі-дәрмек құрастырылған литофитопрепарат ретінде пайдаланылады. Басқа

сөзбен айтқанда олар табиғи минералдар және емдік өсімдіктердің негізінде жасалған. Қазақстанда емдік қасиеті бар минералдар саны 450-ден асады.

Экологиялық минералогия. Айналадағы ортаны зиянды бөлшектерден қорғау және тазалау үшін пайдаланылатын минералдардың саны 150-ден аса. Ол минералдар, биоқорғаушы минералдар деп аталады.

Олардың басты пайдалану салалары көп, мысалы, сүзгі-фильтрлер (асбестер, цеолиттер, шунгиттер және т.б.) құрамында ауыр металдар және радионуклеидтер бар суларды тазалау үшін қолданылады; атомдық реакторларын нейтрондардың әсерінен сақтайтын бетондарды (серпентиниттер, родуситтер, шунгиттер, бариттер) жасайды; өндірістік қалалардың ауа бассейндерін тазалау үшін, ГРЭС және ТЭЦ-тердің құбырларына орнатылатын қызуға төзімді фильтрлер (асбестер және шунгиттер) шығарады; рентгендік зертханада істейтін медицина қызметкерлерін рентген сәулесінің зиянды әсерінен қорғау үшін (бариттер, родуситтер, шунгиттер және т.б.) төзімді киімдер тігеді.

Генетикалық минералогия – пайдалы қазбалар кенорындарының жаратылыс жағдайын зерттейді.

Наноминералогия – минералогияның жаңа бағыты, 10^{-9} м өлшемі бар минералдарды жан-жақты зерттеумен айналысады, ол болашақта көптеген жаңа пайдалы минералдар ашуына әкеледі.

Бақылау сұрақтары:

1. Минералдар кен, минералдық агрегаттар, таужыныстар деген ұғымдар.
2. Минералогия нені зерттейді, қандай бөлімдері бар, минералогияның халық шаруашылығында пайдаланылуы?
3. Минералдық шикізаттар және минералдық қорлар деген не?

2.2. Минералдардың табиғатта жаралуы және өзгеруі

Минералжаралу жолдарына олардың бөлшектерінің (химиялық элементтерінің) шамасы (концентрациясы), температурасы, қысым, айналадағы әртүрлі таужыныстарымен әрекеттесуі жатады.

Минералжаралу геологиялық процестері энергия көздеріне қарай, эндогендік және экзогендік болып келеді.

Эндогендік (гипогендік – тереңдік) процестер жердің ішкі, терең қойнауындағы энергиясының (магмалық балқымалардың немесе радиоактивтік элементтердің ыдырау энергиясы және т.б.) әсерінен жүреді. Эндогендік процестер **нақты магмалық, пегматиттік, пневматолиттік, гидротермалық сатыларына бөлінеді.** Эндогендік процестер жоғарғы қысым мен температура жағдайларында өтеді. Магманың құрамына қарай температура 1200-700 °С, қысым 500–5500 барға дейін барады.

2.2.1. Эндогендік минералжаралу процестері (нақты магмалық саты). Нақты магмалық минералдардың парагенетикалық ассоциациясы

Нақты магмалық сатыда минералжаралуының басты себебі – балқыған магманың суып кристалдануы. Магманың заттық құрамы туралы деректерді, сол магманың өнімдері, әртүрлі магмалық таужыныстардың химиялық талдауына сүйене отырып аламыз.

Америка ғалымы Ф.К. Кларктың деректері бойынша, магмалық таужыныстардың орташа химиялық құрамы мына элементтердің орташа көрсеткіші (%): $O - 46,59$, $Si - 27,72$, $Al - 8,13$, $Fe - 5,01$, $Ca - 3,10$, $K - 2,60$, $Na - 2,85$, $Mg - 2,09$, $Ti - 0,63$, $H - 0,13$, $P - 0,13$, $Mn - 0,10$. Басқа элементтер – 0,32. Қосындысы – 100,00. Жанартау атындыларының өнімдерін зерттегенде, магманың құрамында бұл элементерден басқа газ ертінділері және су буы бар екені анықталды.

Магма сұйық, ыссы, балқыған күйдегі силикаттық зат. Құрамында әртүрлі химиялық элементтер, тотықтар, ұшпалы компоненттер (фтор, хлор, су, көмір қышқылы) болады. Жүргізілген зерттеулер мен орындалған химиялық талдаулар магманың силикат құрамды балқыма екенін дәлелдеді. 700-ден аса магмалық таужыныстарын зерттеу нәтижесінде магманың минералдық құрамы былайша анықталады (%): далашпаттар – 60, кварц – 12, амфиболдар мен пироксендер – 17, слюдалар – 4, басқа силикаттар – 6, басқа минералдар – 1. Қосындысы – 100.

Минералдар нақты магмалық сатыда жер қойнауының терең қабаттарында магманың баяу суып және кристалдану процесінде пайда болады. Ең алдымен жоғары температуралы минералдар кристалданады.

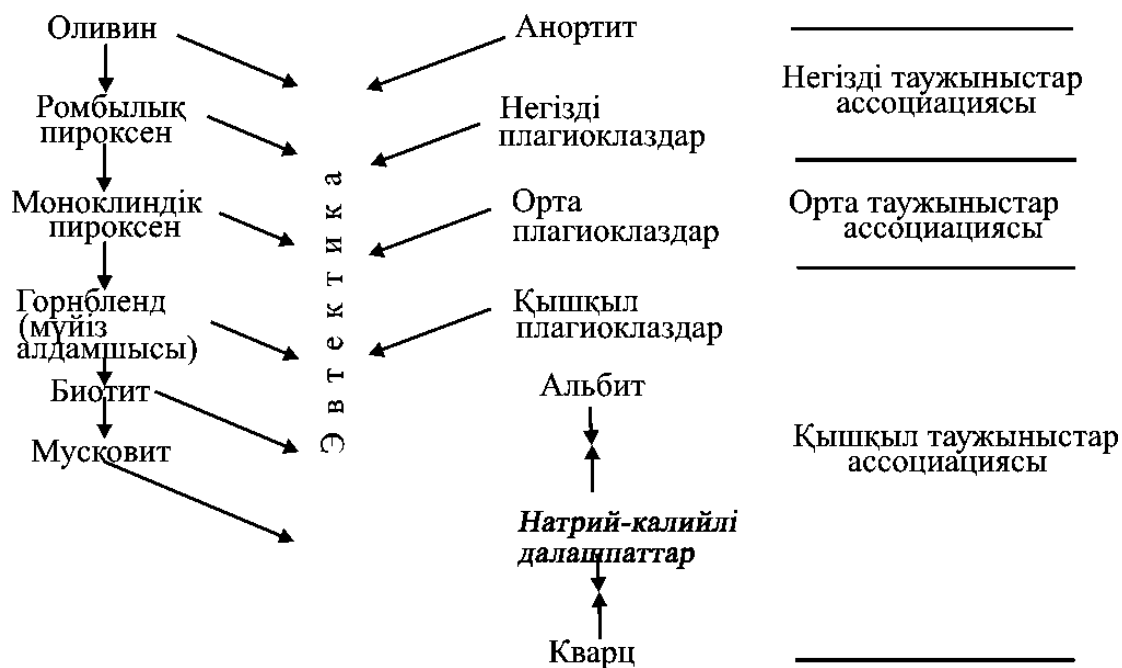
Лава жер бетіне көтеріліп құйылғанда, температура мен қысымның тез төмендеуі нәтижесінде тез суып толық кристалданып үлгермейді. Сондықтан оның құрамында жасырын кристалды және әйнек тәрізді заттар пайда болады.

Магмалық таужыныстардың түрлері санаулы, бірақ магма ошақтарының саны бір-екеу ғана болуы мүмкін. Бұл құбылыстың сыры – магманың дифференциациялануында және айналасындағы таужыныстармен будандасуында.

Дифференциация (бөліну) деп бір магмадан бірнеше физика-химиялық процестердің нәтижесінде, химиялық және минералдық құрамы әртүрлі қосымша магмалардың пайда болуын айтады.

Магманың дифференциациялануы айтарлықтай тереңдікте өтеді де, бір магма ошағының әр бөлігі әртүрлі компоненттермен байытылады. Дифференциация магмалық және кристаллизациялық болып екі түрге бөлінеді.

Минералдардың түзілуі, екі реакциялық қатармен өтеді, оларды американдық петрограф Н. Боуэн сұлбамен көрсетті (5-сурет).



5-сурет. Минералдардың реакциялық қатары (Н. Боуэн бойынша А.Н. Заварицкийдің өзгерістерімен)

Н. Боуэн магмадан бөлініп шығу реттілігіне сәйкес минералдарды екі реакциялық қатарға бөледі. Жоғарғы қатарда тұрған әрбір минерал балқымамен реакцияға түскенде, өзінен төмен

тұрған минералды түзеді. Егер минералдардың даралануы кристалданудың бастапқы фазасында өтсе, негізді таужыныстары пайда болады. Кремний-отекті құрылымдар оқшауланған силикаттардан тізбекті, ленталы, қабатты және қанқалы силикаттарға қарай күрделіленеді; кремнийдің алюминиймен ауысуы ұлғаяды. Магманың кристаллизациясы балқыманың құрамында кремнезем, сілтілілер және судың жиналуына әкеледі.

Магманың кристалдану температурасы интрузивтік жағдайда 900-700 °С, эффузивтік жағдайда жер бетіне атқылаған және тасыған лаваларда – 1200-1000 °С.

Ассимиляция процесінде айналадағы таужыныстарына енген магма, олардың сынықтарын өз денесіне батырып қайта балқытады. Соның нәтижесінде мұндай магмадан әртүрлі **буданданған** таужыныстар пайда болады.

Бастапқы магма ошағынан дифференциация нәтижесінде бөлінген магмалар құрамындағы кремнеземнің мөлшеріне қарай аса негізді, негізді, орта және қышқыл болып сарапталады және олардан құрамдары сәйкес таужыныстар пайда болады.

Асанегізді магмалық таужыныстар: перидотиттер, дуниттер, пироксениттер, горнблендиттер, кимберлиттер, пикриттер, меймечиттер. Олардың құрамындағы SiO_2 мөлшері тым аз – 45%-дан аспайды. Бұларда MgO , FeO және CaO мөлшері басым.

Негізді магмалық таужыныстарға кремний қышқылымен қанықпаған (SiO_2 – 45–52%): габбро, нориттер, базальттар, диабаздар, эссекситтер, тералиттер, анортозиттер, лабрадориттер жатады.

Орта магмалық таужыныстарда кремнезем мөлшері 52–65%. Олар минералдық құрамына қарай плагиоклазды (диориттер, андезиттер, метаандезиттер) және калий далашпатты (сиениттер, трахиттер, метатрахиттер) болады.

Қышқыл магмалық таужыныстарға кремнезем мөлшері 65 %-дан жоғары граниттер, гранодиориттер, плагиограниттер, кварцты диориттер, риолиттер және дациттер жатады. Қышқыл магмаға сәйкес келетін эффузивтік таужыныстар тобына риолит құрамды жанартаулық шыны – обсидиан, ұсақ қуысты, жеңіл, суға батпайтын пемза және перлиттер жатады.

Сілтілі магмалық таужыныстардың құрамында сілтілі элементтер – калий мен натрий алюминийге қарағанда айтарлықтай жоғары, кремнеземнің мөлшері өте төмен. Сондықтан, бұл

таужыныстарда алюмосиликатты далашпаттарының орнына нефелин (интрузивтік түрлері) және лейцит (эффузивтік түрлері) қатысады. Кремнеземнің мөлшері бойынша (35 %-дан 40–50 %-ға дейін) бұл таужыныстарды асанегізді таужыныстар тобына жатқызуға болар еді. Бірақ, олардың минералдық құрамы аса негізді таужыныстардікінен мүлдем өзгеше. Сілітілі магматиттерге нефелиндік сиениттер, фонолиттер, уртиттер, ийолиттер, мельтейгиттер, якупирангиттер жатады.

Магмалық таужыныстардың әрбір тобына, өзіндік **минералдар парагенетикалық ассоциациялары** тән (2-кесте).

2-кесте

Магмалық таужыныстар минералдарының парагенетикалық ассоциациялары

1	Аса негізді	Дунит Перидотит Пироксенит	Пикрит	Оливин – 100–85 %, пироксен – 0–15 % Оливин – 70–30 %, пироксен – 30–70 % Оливин - <10 %, пироксен – 100–90 %
2	Негізді	Габбро	Базальт	Негізді плагиоклаздар – 50–70 %, пироксендер – 25–50 %, сирек оливин – 5–10 %, горнбленд және биотит
3	Орта а) плагиоклаздар б) калийлік далашпаттар	Диорит Сиенит	Андезит Трахит	Орта плагиоклаздар – 50–70 %, горнбленд – 10–20 %, сирек биотит – 10–15 %, пироксендер Калийлік далашпаттары – 50–70 %, қышқыл плагиоклаз – 10–30 %, горнбленд, сирек биотит – 10–20 %

Реттік №	Тобы	Интрузивтік (терендік)	Эффузивтік (төгілме)	Басты минералдар
1	2	3	4	5
4	Қышқыл	Гранит	Риолит	Кварц – 25–35 %, калийлік далашпаты – 35–40 %, қышқыл плагиоклаз – 15–25 %, биотит – 5–15 %, сирек мусковит – 0–3 %, горнбленд
5	Сілтілілер	Нефелинді сиенит	Фонолит	Калийлік далашпаттары – 55–65 %, нефелин – 15–30 %, сілтілі пироксендер және амфиболдар – 10–25 %, сирек биотит

Магмалық минералжаралу процесіне **карбонатиттерді және кимберлиттерді** де жатқызады.

Карбонатиттер – магмалық (немесе постмагмалық) түзілімдер, олар сирек кездесетін магмалық силикатсыз түзілімдер, олар доломиттен тұрады, 50–99 % мөлшері карбонаттарға тиесілі. Бұл сілтілі магмалық таужыныстардың кешендері аймақтық жарылымдарға және платформалық аймақтарға тән (Кола жартылай аралы, Тува, Алдан). Карбонатиттерде минералдар ассоциациясы өзгеше болады. **Басты минералдар:** кальцит, доломит, сидерит, диопсид, форстерит, флогопит, апатит, магнетит, эгирин, барит, флюорит, дала шпаттар; **қосымша және аксессуарлық** – титаномагнетит, пирохлор, монацит; **практикалық маңызды минералдар** – пирохлор, апатит, магнетит, флогопит, флюорит. Оның құрамында шамалы басқа минералжаралу процестеріне тән емес көп аксессуарлық минералдар кездеседі және оларда сирек жерлі элементтер болады – *Nb, Ta, U, Zr, Sr, Ti, F, P*.

Кимберлиттер – өзгеше брекчиялық таужыныстар, олар аса негізді таужыныстардың, сыйыстырушы шөгінді таужыныстардың сынықтарынан тұрады. Олар аса негізді магманың атқылауынан және жарылып, жоғарғы жатқан таужыныстарды ыдыратып сындыруынан

пайда болды. Кимберлиттік трубкалардың диаметрі 30–100 м-ге дейін болады. Сынықтар сазды материалдармен керіштелген. Кимберлиттерді сипаттайтын **басты минералдар**: оливин, диопсид, флогопит, пироп; **қосымша және аксессуарлық**: алмас, ильменит, магнетит, хромит, шпинель, циркон; **практикалық маңызды минералдар**: алмас, пироп, хризолит.

Бақылау сұрақтары:

1. Нақты магмалық процестер нәтижесінде қандай таужыныстар және минералдар жаралады?
2. Магмалық таужыныстар минералдарының парагенетикалық ассоциацияларын атаңыз?
3. Карбонатиттер мен кимберлиттердің минералдық құрамы қандай?

2.2.2. Эндогендік минералжаралу процестері (пегматиттік саты). Пегматиттік минералдардың парагенетикалық ассоциациясы

Қатты минералдар магмадан бөлінгенде, магма құрамындағы ұшпалы компоненттер көбейе бастайды және қалдық магма пайда болады. Оның құрамында – су, CO_2 , HF , HCl , H_2S , H_3BO_3 болады. Ұшпалы компоненттер силикатты балқыманың тұтқырлығын, кристалдану температурасын төмендетіп, жылжымалығын арттырады. Осындай қасиеттерге ие болған қалдық балқыма, аналық интрузияның шет жағаларына немесе айналадағы таужыныстардың жарықтары мен қуыстарына еніп, кристалданады да ірі кристалды желі тәрізді **пегматит** (грекше «пегматос» – «мықты байланыс») деп аталатын денелер құрайды.

Пегматиттер магмалық таужыныстардың бәрінде кездесетін түзілімдер. Олар граниттік және сілтілі магмалық таужыныстарында көп дамыған. Пегматиттерге тән жалпы ерекшелік – олардың минералдық құрамы өздері бөлініп шыққан аналық магмалардың минералдық құрамымен ұқсастығы.

А.Е Ферсманның көзқарасы бойынша пегматиттердің ішіндегі пайдалы қазындылардың ең маңыздысы – граниттік пегматиттер. Олар Жер қыртысында көп дамыған, сирек және сирек жерлі элементтерге және ұшпалы заттар – минерализаторларға (хлор, фтор,

бор қоспаларына) бай болады. Пегматиттер интрузивтерден 1–2 км қашықтыққа дейін ұзап кетуі мүмкін. Пегматиттердің құрылысы жиі белдемді болады. Олардың дене пішіндері желі мен ұя тәрізді болып келеді. Желілердің ұзындығы 400 м, ені 30 м-ге жетеді. Олардың кристалдану температурасы 350-700 °С шамасында болады. А.Е. Ферсман граниттік пегматиттерді құрамдық ерекшелігіне қарай екі топқа бөлді: 1) аналық магмадан бөлініп шыққан және сол магмаға ұқсас құрамын өзгертпей сақтап қалған пегматиттер «таза пегматиттер»; 2) аналық магмадан бөлініп шыққан пегматиттік балқыма айналасындағы таужыныстармен өзара химиялық реакцияға түсіп, заталмасумен пайда болған «будандасқан пегматиттер».

Негізді және ультранегізді таужыныстарда пегматиттерде SiO_2 және H_2O азаяды. А.Е. Ферсман пегматиттік минералжаралу процесін температуралық шектелуіне қарай 10 сатыға – геофазаларға бөлді, әр геофаза құрамындағы қосымша және акцессорлық минералдарға сәйкес 10 пегматиттер түрлерін анықтады: 1) нақты пегматиттер; 2) сирек элементті пегматиттер; 3) бор-фторлы; 4) фтор-бериллийлі; 5) натрий-литийлі; 6) марганец-фосфатты; 7) фтор-алюминийлі; 8) фтор-карбонатты; 9) сульфидті; 10) сілтілі пегматиттер.

Пегматиттік минералдардың парагенетикалық ассоциациясы 3-кестеде көрсетілген.

3-кесте

Пегматиттік минералдарының парагенетикалық ассоциациясы

Минералдар		
Басты	Қосымша және акцессорлық	Практикалық маңызды
1	2	3
1. Граниттік пегматиттер (керамикалық және мусковиттік)		
Плагиоклаз, микроклин-пертит, кварц, мусковит, биотит, апатит, шерл	Гранат, берилл, монацит, циркон	Далашпаттар және кварц – керамикалық шикізат, мусковит, берилл
2. Граниттік пегматиттер (сирек металды)		
Клевеландит, кварц, микроклин, сподумен, лепидолит	Мусковит, рубеллит, полихромды турмалин, берилл, касситерит	Сподумен, берилл, лепидолит, касситерит, турмалин

Минералдар		
Басты	Қосымша және акцессорлық	Практикалық маңызды
1	2	3
3. Граниттік пегматиттер (мөлдiртасты)		
Кварц, мөлдiртас, морион, альбит, топаз, берилл	Мусковит, биотит	Мөлдiртас, ысталған кварц
4. Граниттік пегматиттер «будандасқан»		
Флогопит, биотит, тальк, хлорит, актинолит, плагиоклаз	Горнбленд, кварц, мусковит, флюорит, берилл	Берилл, зүбаржат
5. Сiлтiлi пегматиттер		
Микроклин, нефелин, эгирин, мусковит, биотит, горнбленд, альбит	Сфен, ильменит, циркон, пирохлор	Пирохлор

Пегматиттермен сирек металдар – тантал, ниобий, берилий, литий; слюда, керамикалық шикiзаттар, пьезооптикалық кварц, асыл тастар – топаз, аквамарин, аметист, турмалиннiң **өндiрiстiк кенорындары** байланысты.

Бақылау сұрақтары:

1. Магмалық пегматиттік минералжаралу сатысының сипаттамасы.
2. Пегматиттік минералдардың парагенетикалық ассоциациясы.
3. Пегматиттермен байланысты пайдалы қазбалар.

2.2.3. Эндогендік минералжаралу процесері (пневматолиттік және гидротермалық сатылары). Пневматолиттік және гидротермалық минералдардың парагенетикалық ассоциациясы

Пневматолиттік сатыда (грекше «пневматос» – «бу, дем») қалдық магмадағы ұшпа заттар мөлшері жоғарылай түседі, минералдар газды фазадан түзіледі, олар бір-бірімен және өздерінен бұрын жаралған минералдармен әрекеттесе бастайды. Пневматолит

қалдығы жер бетіне шыға қалса (жанартау көмейі арқылы), күкірт, бор минералдары пайда болады.

Магмадан бөлініп шыққан ыстық газдар таужыныстардың жарықтары арқылы көтеріліп, бір-бірімен және айналасындағы сыйыстырушы таужыныстармен реакцияға түсіп, соның нәтижесінде пневматолиттік минералдар жаралады.

Жаратылысына қарай пневматолиттер **жанартаулық және терең магмалық** болып екіге бөлінеді.

Жанартаулық пневматолиттер жанартаулар көп тараған аймақтарда жер бетіне жақын орналасқан, немесе лава түрінде жер бетіне атылып және ағылған ыстық магмадан бөлініп шыққан газдардан жаралады. Жанартаулық газдар жанартаулардың өзектері, фумаролалар және жарықтар арқылы жер бетіне көтеріліп, атмосфераға атқылайды. Жанартау атқылағанда бөлінетін газдардың құрамында су буы, HCl , H_2S , CO_2 , SO_2 , NH_4Cl , CO , H_2 , O_2 , натрий, калий, кальцийдің хлор және күкіртпен қосындылары, темір, мыс, марганец, қорғасын, бор, фтор, бром, фосфор және т.б. элементтер қосындылары болады. Осы жанартаулық газдар өте мол мөлшерде көтеріліп, атмосфераға тарайды. Мысалы, Аляскадағы Он Мың Түтін деп аталатын ойысындағы Катман фумароласынан жылына 1 250 000 тонна HCl және 200 000 тонна HF бөлініп шығады. Этна вулканының бір кратері атқылағанда бөлінген су буы мөлшерінің көптігі соншалық, ол қоюланып суға айналғанда тәулігіне 20 млн т су алуға болады екен.

Терең магмалық пневматолиттер газдар жер қойнауының терең қабаттарында пайда болған магмалық ошақтан бөлініп шығып, сыйыстырушы таужыныстарына сіңіп, олардың химиялық және минералдық құрамын өзгерту процесінде жаралады. Минералжаралу процесі газдармен қатар магмадан бөлінген ыстық ерітінділердің қосымша атысуымен өтуі де мүмкін.

Пневматолиттік саты гидротермалық процеспен тікелей ұштасып, постмагмалық метасоматиттік процестерді бірге қамтиды.

Пневматолиттік минералдардың парагенетикалық ассоциациясы. Газдық фазадан минералдар лаваның жарықтарында, жанартаулар өзектерінің керегелерінде түзіледі. Олар еру қабілеті жоғары хлоридтер мен сульфаттардан тұрады.

Пневматолиттік процеспен байланысты пайдалы қазбалар. Жанартаулық пневматолиттерде өндірістік маңызы бар кенорындары

сирек түзіледі. Мысалы, Камчатка түбегі, Куриль аралдары, Жапония, Чилиде мөлшері шамалы күкірт кендері, Италияда табиғи бор қышқылы сассолин $B(OH)_3$ кендері игеріліп жатыр. Базальттық магма және жанартаулық газ сығымдану процесімен байланысты 2,5 км тереңдікте Шығыс Тынық Мұхит жотасында, спрединг белдемдерінде, жанартаулар көмейінде биіктігі 10 м жететін сульфидтік төбелер кездеседі. Олардың минералдық құрамы: пирит, марказит, пирротин, халькопирит, кубанит, сфалерит, вюрцит, аз мөлшерлі сульфаттар – гипс, ярозит, аморфты кремнезем, гетит, барит, цеолиттер.

Гидротермалық саты. Гидротермдер – олар магмадан бөлінген ыстық сулы ерітінділер немесе магмалық балқыма баяу суып, критикалық температурасына жеткенде (374^0 C), оның құрамында ұшпалы заттар сұйықтанып, ыстық ерітінділерге айналады. Ерітінділер магмалық дененің шет жағындағы және оны қоршаған таужыныстардағы жарықтарға, қуыстарға еніп, біртіндеп қоюланып, өздерімен бірге әкелген еріген заттарды (металл қосындыларын) тұндыра бастайды. Ыстық гидротермдер өздері енген таужыныстардан әртүрлі заттарды ерітіп, бөліп алуы мүмкін.

Гидротермдердің жарықтар арқылы тік бағытта қозғалуының басты себебі – ерітінділердің ішкі қысымының сыртқы жарықтар және қуыстардағы қысымының айырмашылығында. Ерітінділердің ішкі қысымы сыртқысынан жоғары болса, олар қысым аз жаққа – жер бетіне қарай жоғарыға қозғалып аға бастайды. Олар қозғалғанда тектоникалық жарықтарды, жапсарларды көздейді. Магма ошағынан алыстаған сайын ертінділердің температурасы төмендейді, қоршаған таужыныстармен реакцияға түсу қарқыны азаяды, гидротермдер өз құрамындағы заттарды минералдар түрінде қуыстарға немесе жарықшаларға тұндырады. Гидротермдер әдетте таужыныстардағы жарықшалар арқылы қозғалып, соларды гидротермалық өнімдермен толтыратын болғандықтан, пайда болған минералдық денелердің пішіндері желі тәрізді болып келеді.

Гидротермалық процеспен байланысты пайдалы қазбалар. Интрузив денесінде немесе оған жақын жерлерде жоғары температуралы ($450-300^0$ C) вольфрамит, касситерит, молибденит кенорындары орналасады, одан әрі орта температуралы ($300-320^0$ C) мыс, алтын, қорғасын, мырыш, күміс кенорындары. Ең кашық сыртқы белдемінде төмен температуралы (200^0 C төмен), сурьма және

сынаптың кенорындары орналасады. Мұндай заңдылық әрбір интрузивтің айналасында байқала бермейді.

Гидротермалық желілік минералдардың парагенетикалық ассоциациясы: жоғарғы температуралы – кварц, берилл, топаз, флюорит, касситерит, вольфрамит, арсенопирит, молибденит, пирит, пирротин; **орта температуралы:** кварц, сидерит, барит, флюорит, серицит, алтын, пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, борнит; **төмен температуралы:** кварц, кальцит, барит, халцедон, флюорит, исланд шпаты, киноварь, антимонит, реальгар, аурипигмент, алтын, күңгірт кендер, марказит.

Сыйыстырушы таужыныстарды гидротермалық әрекеттерге ұшыратқанда, олар өте өзгеруі мүмкін. Мысалы, магнийге бай аса негізді таужыныстар және доломиттерге гидротермалық ерітінділер әсер еткенде асбест, тальк, магнезит, ал төмен температуралы күкірт қышқылды гидротермдер сілтілілерге бай таужыныстарға енгенде алунит пайда болады. Гидротермалық минералжаралу пегматиттік процестің соңында өтеді.

Қазіргі уақытта гидротермалық ерітінділер магматогендік қана болмайды деген ойлар пайда болды. Литосфераның төмен қабаттарына шөгінді таужыныстармен бірге су және газдар көп мөлшерде түседі, олар бос (жерасты, қабықты және горизонттық сулар), және байланған (кристаллизациялық, коллоидтық сулар) күйінде болады. Литосфераның бәрі су және газбен қанығады. Жер бетіндегі және саяздағы сулар аз минералданған, ал тереңдікте олар тұздыққа айналады, минерализациясы 300 г/л дейін және одан жоғары да болады, 4–5 км тереңдікте осы сулардың температурасы 150° болады. Сулардың көбі кенорындарының *Cu*, *Pb*, *Zn* элементтерімен, *S*, *F*, *B*, *Li*, *As* «ұшпалы» қаспалармен және т.б. байытылған (оларды сыйыстырушы таужыныстардан шығарып алған). Бұл жоғары концентраттық термалық сулы ерітінділер біз атайтын гидротермалық ерітінділер болуы мүмкін емес. Олар элементтерді ионды және коллоидты күрделі кешендер түрінде тасуы мүмкін, ал жағдай өзгергенде, оларды қиын еритін қоспалар – минералдық денелер ретінде түзеді. Осы ерітінділер таужыныстарды және кендерді метасоматиттік өзгеріске ұшыратуы мүмкін. Жоғарыда айтылғандай, гидротермалық жаратылысты болатындар: түсті кендердің көбі (*Cu*, *Pb*, *Zn*), сирек және радиоактивтік металдар (*W*, *Mo*, *Sn*, *Bi*, *Sb*, *As*, *Hg*, *U*, *Ra*, *Th*), алтын және көптеген бейметалдық пайдалы қазбалар.

В.И. Смирнов гидротермалық кенорындардан үш класс бөліп шығарды: плутоногендік, вулканогендік және амагматогендік немесе телетермалдық (стратиформдық). Плутоногендік минералдар ассоциациясы қышқыл және қышқылдау магмалық таужыныстармен байланысты (4-кесте). Олар магмалық таужыныстардан алыстамайды. Процесс температурасы 450–50 °С арасында болады.

4-кесте

Плутоногендік кендік желілердің минералдарының парагентикалық ассоциациясы

Минералдар		
Желілік	Кендік	Практикалық маңызды
1	2	3
Қалайылы, вольфрамдық және молибдендік желілер		
Кварц, адуляр, мусковит, топаз, флюорит, кальцит	Касситерит, вольфрамит, арсенопирит, молибденит берилл, пирит, пирротин, халькопирит, шеелит, алтын магнетит	Касситерит, вольфрамит, молибденит, берилл, алтын
Алтын-кварцтік желілер		
Кварц, барит	Пирит, халькопирит, арсенопирит, галенит, алтын, күңгірт кендер, шеелит	Алтын
Кобальт-никель-күміс-висмут-урандық желілер (бес элементтік формация)		
Кварц, кальцит, барит	Кобальтин, күміс, күңгірт кендер, гематит, настуран, висмут	Кобальтин, күміс, настуран, висмут
Полиметалдық және қорғасын-мырыштық желілер		
Кварц, кальцит, барит, сидерит, флюорит	Халькопирит, сфалерит, галенит, пирит, пирротин, алтын, арсенопирит, күңгірт кендер, борнит	Халькопирит, сфалерит, галенит, алтын, күңгірт кендер, борнит

Жанартаулық гидротермалық минералдар ассоциациясы генетикалық жер үсті жанартауларымен байланысты. Жанартаулық гидротермалық минералдар ассоциациясы құрылатын тереңдік 1–2 км аспайды, ол плутоногендіктен аз (5-кесте).

5-кесте

Жанартаулық гидротермалық желілі-кендік-минералдарының парагенетикалық ассоциациясы

Минералдар		
Желілік	Кендік	Практикалық маңызды
Алтын-кварцтік және алтын-күмістік желілер		
Кварц, халцедон, адуляр, флюорит, барит	Алтын, пирит, марказит, халькопирит, сфалерит, антимонит	Алтын, алтын теллуридтері
Кварц-касситериттік және сульфидті-касситериттік желілер		
Кварц, топаз, хлорит, турмалин	Касситерит, пирротин, пирит, халькопирит, арсенопирит	Касситерит
Мысты-молибденді кендер		
Кварц-серициттік таужыныстары туынды кварциттер	Пирит, халькопирит, молибденит, борнит, күңгірт кендер, галенит, сфалерит	Халькопирит, борнит, молибденит
Колчеданды жатындар		
Кварц, барит, карбонаттар	Пирит, халькопирит, сфалерит, күңгірт кендер, борнит, алтын	Халькопирит, галенит, сфалерит, күңгірт кендер, алтын

Негізді, орта және қышқыл магмалардың суасты жанартаулар атындыларымен колчеданды жатындар генетикалық байланысты, олар негізінде пирит, кейде халькопирит, сфалерит, галенит және сирек басқа сульфидтерден тұрады. Осы жатындыларды жанартаулық-шөгінді түзілімдерге жатқызады.

Амагматогендік ассоциациялар тереңдік магмалық немесе жанартаулық таужыныстармен көрінетіндей байланысты болмайды. Осы ассоциация тобына өте ірі мысты құмтастар және қорғасынды-колчедандық кенорындар тиесілі. Осы кенорындар стратиграфиялық бақылауда (стратиформдық кенорындар) болып отыр. Кендердің

минералдық заттарының жаратылысы бастапқы-шөгінді, ал кейін олар әртүрлі өзгеріске ұшырайды, соның ішінде магмалық процеспен байланысты емес гидротермалық ерітінділердің әсерінен өзгереді. Мысты және қорғасынды-мырышты кенорындарының минералдық құрамы қарапайым болады (6-кесте).

6 – кесте

Амагматогендік (телетермалық) гидротермалық желілі-кендік минералдарының парагенетикалық ассоциациясы

Минералдар		
Желілік	Кендік	Практикалық маңызды
1	2	3
Мысты құмтастар түрлес кенорындар		
Құмтастар карбонаттық керішпен	Борнит, халькопирит, галенит, пирит, сфалерит, күңгірт кендер	Борнит, халькопирит, галенит, күңгірт кендер
Қорғасынды-мырыштық (стратиформдық) кенорындар		
Карбонаттар, барит, халцедон, кварц	Галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, марказит	Галенит, сфалерит
Күшәлалық кенорындар		
Кальцит, доломит, кварц, опал, барит	Киноварь	Киноварь
Сурьмалық кенорындар		
Кварц, карбонаттар, барит	Антимонит	Антимонит
Сынапты–сурьмалық кенорындар		
Карбонаттар, кварц, халцедон, флюорит, барит	Киноварь, антимонит, марказит	Киноварь, антимонит
Сынапты- күшәлалық кенорындар		
Кальцит, доломит, кварц, опал, флюорит, барит	Киноварь, антимонит, марказит, реальгар, аурипигмент	Антимонит, киноварь
Флюориттік кенорындар		
Кварц, халцедон, кальцит, опал, барит	Флюорит	Флюорит
Бариттік кенорындар		
Кварц, кальцит, флюорит	Барит	Барит

Амагматогендікке жататын сурьма және сынап кенорындарының магмалық процеспен байланысы бар. Кендік зат көзінің ошағы тереңде болады. Амагматогендік кенорындарына сынап өндіруінің 95 %-ы, ал сурьманың 80 %-ы тиесілі. Амагматогендік кенорындарының минералдар ассоциациясы 6-кестеде көрсетілген. Амагматогендік кенорындарына флюорит, барит және исланд шпатының ірі кенорындары жатады.

Гидротермалық ерітінділер айналадағы өздері енген таужыныстары арқылы өтіп, олармен химиялық реакцияға түседі, олардың минералдарын еріте ығыстырып, орнына жаңа қосындылар әкеледі. Сөйтіп жапсарлы-метасоматиттік денелер пайда болады.

Бақылау сұрақтары:

1. Магмалық пневматолиттік және гидротермалық минерал-жаралу сатыларының сипаттамасы.
2. Пневматолиттік және гидротермалық минералдарының парагенетикалық ассоциациясы.
3. Пневматолиттер және гидротермалиттермен байланысты пайдалы қазбалар қандай?

2.2.4. Экзогендік минералжаралу процестері (мору және шөгінділер түзілу процестері). Экзогендік минералдарының парагенетикалық ассоциациясы

Экзогендік процестер. Жер бетіндегі энергияның қатысуы арқылы пайда болатын минералдарды экзогендік минералдар дейді. Минералжаралу жер бетінде, атмосферада және гидросферада өтеді. Минерал түзілу температурасы $-50\text{ }^{\circ}\text{C} - +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ аралығында, бұл климаттық температура. Бұл процестер Күннің энергиясымен және қалыпты атмосфералық қысымда жүреді. Төменгі температура, атмосфера қысымы жағдайларында эндогендік минералдар үгіліп, ыдырап жаңа жағдайға тұрақты болатын экзогендік минералдар түзіледі.

Шөгінді экзогендік таужыныстардың пайда болу процестері өте күрделі және ұзақ мерзімге – ондаған миллиард жылдарға (геологиялық дәуірлерге) созылады. Олар **гипергенез, седиментогенез және диагенез** сатыларында өтеді. Одан кейінгі

сатылары катагенез және метагенез деп аталады, ол шөгінді таужыныстардың тереңдікке түсіп өзгеруімен байланысты.

Гипергенез деп мору қыртысы пайда болу сатысын атайды. Бұл сатыда пайда болған мору түзілімдері шөгінді таужыныстарды құраушы негізгі материал боп табылады.

Минералдар мен таужыныстардың жер бетінде физикалық, химиялық және биологиялық әрекеттер нәтижесінде өзгеріске ұшырауы мору деп аталады. Мору процесі себепкерлерінің қандайы басым болуына байланысты мородың **физикалық және химиялық түрлері** ажыратылады.

Физикалық моруда жанартаулық кесекті (туфтар, туффиттер, т.б.), нақты кесекті (псефиттер, псаммиттер және алервриттер) экзогендік таужыныстар пайда болады. Жаңа минералдар пайда болмайды, бірақ, бұл таужыныстардың тасымалдануы және шөгуі нәтижесінде көптеген бағалы шашылымдардың (қалайы, алтын, титан, циркон, алмас, вольфрам, т.б.) кенорындары пайда болады.

Физикалық мородың себепкерлері: 1) температураның тәуліктік және маусымдық өзгеруі; 2) CO_2 және басқа газдар бұзылу процесін үдейтуі; 3) кристалдану күші (жарықтарға кірген судың – мұзға айналуы, кальцит, гипс, галиттердің кристалдануы жарықтарды ұлғайтады); 4) судың әрекеті (ағынды су мен теңіз толқындарының қирату жұмысы); 5) мұздақтардың әрекеті (олар жылжығанда таужыныстардың механикалық уатуы және тасымалдауы); 6) жел әрекеті (желмен тасымалданатын құмдардың таужыныстарды уатуы); 7) өсімдіктер әрекеті (тамырларының таужыныстардағы жарықшаларды ұлғайтуы); 8) тектоникалық процестер (дислокациялық әрекеттерден таужыныстардың қарқынды уатылуы); 9) қар көшкіні қозғалыстары; 10) адам әрекеті.

Химиялық мору нәтижесі минералдардың химиялық бұзылуына және жаңа үстемді минералдар пайда болуына әкеліп, келесі топтарға бөлінеді: 1) минералдардың гидраттануы (гематиттен гидрогематит және гетит пайда болуы); 2) гидролиз және еру (калишпаттардан каолинит пайда болуы); 3) тотығу (лимонит пайда болуы); 4) орнына қайта келуі (темір гидроксидтерден сидерит пайда болуы); 5) гидролиздену және карбонаттану (оливин серпентинге және фарфор тәрізді магнезитке ауысуы).

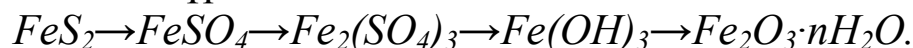
Минералдардың ыдырауына көп әсерін тигізетін қышқылдар, әсіресе күкіртті және органикалық (гумус) қышқылдар. Организмдер

(өсімдіктер мен бактериялар) таужыныстардың бұзылуына себепкер болып, бұзылу қыртысын оттегі пен көмір қышқылына байытады. Бұл жағдайда силикатты минералдар ыдырап, олардың құрамынан алуан түрлі химиялық элементтер босайды. Химиялық элементтердің ыдырап тасымалдануы немесе жиналып топтасуы, бұзылу қыртысына сіңген сулардың еріген химиялық компоненттердің концентрациясына тәуелділігі.

Негізінде таужыныстарды құраушы минералдардың моруға төзімділігі әртүрлі. Мору нәтижесінде, ерігіш *K*, *Na*, *Ca* және *Mg* тұздарын алу және ауыр еритін өнімдерін Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 қорландыру байқалады. Ерігіш өнімдер мору белдемдерінен алып шығарылады және белгілі бір арақашықтыққа көшеді. Егер мору процесі таужыныстар бойынша дамыса, ал **егер литосфераның ең жоғарғы бөлігінде осы мору өнімдері жиналса, онда мору қыртысы пайда болады.** Мору қыртысы келесі түрлерге бөлінеді: 1) латерит, 2) силикатты-никельді, 3) марганецті, 4) темірлі, 5) сазды-каолинитті, 6) гипсті.

Мору қыртыстарының басты түрі – латериттік, ол ыстық және ылғалды климатта пайда болады, онда құрғақшылық және жауынды мезгілдер ауысып тұрады. Кремнезем бұл қыртыстан түгел алып шығарылады, ал латериттер глиноземмен қанығады. Диаспор, гиббсит және темір сулы тотықтарының полиминералдық қоспалары пайда болады, ол бокситтер деп аталады. Латериттер құрамында темір сулы тотықтары көп болса, қызыл түсті («латер» – латын тілінен «кірпіш» деп аударылады) болады. Латериттер қышқыл, негізді және аса негізді магмалық таужыныстар моруғанда пайда болады.

Кендік сульфидтік кенорындарында тотығу белдемдері пайда болады. Сульфидтер тез бұзылады және көптеген сульфаттар, тотықтар, карбонаттар, фосфаттар және басқа қоспаларға айналады. Бұл үрдіс келесідей жүргізіледі:



Ең жоғарғы моруған белдем – «темір телпек», сол жерде қоңыр тотықтар және сулы тотықтар жиналғаннан осылай аталады. Жаралған сульфаттар оңай ериді және тотығу белдемінің төмен жағына еніп, сол жерде жаңа минералжаралуы өтеді: $2CuSO_4 + 2CaCO_3 + 5H_2O \rightarrow Cu_2[CO_3](OH)_2 + 2Ca[SO_4] \cdot 2H_2O + CO_2$.

Грунттық сулардың деңгейінен төмен керіштелу белдемі немесе қайта сульфидтену белдемі пайда болады. Сульфаттар бұл белдемде бастапқы кендермен қарым-қатынасқа түседі, соның нәтижесінде туынды сульфидтер түзіледі: $FeS_2 + CuSO_4 + H_2O \rightarrow Cu_2S + CuS + FeSO_4 + H_2SO_4$.

Мысты кенорындарында тотығу белдемдері қуатты болады. Мұнда ірі мөлшерде халькозин (Cu_2S), ковеллин (CuS) және борнит (Cu_5FeS_4) жиынтықтары пайда болады. Тотығу белдемінде малахит түзілсе, ол мысты-сульфидтік кендерін іздеу белгісі болады.

Мору түзілімдерінің тасымалдану және шөгу процестері **седиментогенез сатысына** сәйкес келеді.

Шөгінді таужыныстардың қалыптасуы (кристалдануы, керіштенуі, оолиттер және тасберіштер құруы) диагенез сатысында өтеді. Сол кезде түзілімдер қарапайым түрлерге бөлінеді (дифференциацияланады), пайда болатын шөгінді таужыныстар үш генетикалық топқа бөлінеді: 1) кесекті таужыныстар (нақты кесекті және жанартаулық кесекті топтар), 2) сазды таужыныстар, 3) биохимиялық таужыныстар.

Мору қыртысының түзілімдері судың, мұздың, салмақ күшінің механикалық тасымалдау нәтижесінде **кесекті таужыныстар** пайда болады. Кесекті шөгінді таужыныстар механикалық бөлінгенде, кесекті бөлшектердің өлшемі, пішіні және тығыздығы бойынша түзіледі. Осындай жіктелу нәтижесінде, таулы аймақтардың етегінде зор кесекті шөгінділер, мору көзінен әрірек құмдар, одан әрі алевроиттер және сазды тұнбалар жайғасады. Жаңа минералдар бұл процестің нәтижесінде жаралмайды. Осы таужыныстармен алтын, платина, алмас, касситерит, вольфрамит, магнетит, анартастар, шпинель, корунд және т.б. минералдар шашылымдары байланысты. Шашылымдар кенорындары түбегейлі кенорындарынан бай болады, олар көптеген пайдалы қазбалардың өндеу көзі болады.

Кесекті таужыныстардың құрамында жанартаулардың атқылау өнімдері бар таужыныстар **пирокластар** немесе **жанартаулық-кесекті таужыныстар** деп аталады, олар туфтар, туффиттер және туффогенді таужыныстар.

Сазды таужыныстар бастапқы таужыныстардан пайда болған суспензиялардың коагуляциялануынан қалыптасады.

Биохимиялық таужыныстардың тобына алюминийлі, темірлі, марганецті, кремнийлі, фосфатты, карбонатты, сульфатты, галогенді

таужыныстар және каустобиолиттер (мұнай және көмірлер) жатады. Биохимиялық таужыныстар химиялық жолмен немесе организмдердің қатысуымен түзіледі. Химиялық таужыныстардың пайда болуы, химиялық дифференциациямен және қоспалардың ерігіштік қасиеттерімен байланысты, негізінен олар нақты немесе коллоидты ерітінділерден кезек-кезек шөгуі нәтижесінде пайда болады. Ерігіштігі нашар заттар мору қыртысына жуық, сулы алаптардың жағалауларына жақын тұнады, олар: *Al*, *Fe*, *Mn* тотықтары және сулы тотықтары және силикаттар. Жеңіл ерігіш заттар жағалаудан алыстау тасымалданып шөгеді, олар: фосфат, карбонат, сульфат және хлоридтер.

Тұздар түзілу процесі галогенез деп аталады, ол катал тәртіппен жүреді. Бұл тәртіп физика-химиялық минералжаралу жағдайларына байланысты жүреді – тұздардың ерігіштігі, олардың ерітіндегі қоюлығы, ерітіндінің температурасы және кристаллизация мезгілі, басқа тұздардың бірге болуы. Бұл процеске қаныққан күрделі сулы ерітінділер қатысады. Тұздардың тұнуы сулы алаптардың мезгілдік құрғауынан болуы мүмкін, судың деңгейі өзгергенде ерітіндідегі заттар қоюлығы артады.

Континенталдық шөгінділердің басты практикалық маңызы бар минералдары – мирабилит, галит, гипс; **теңіз шөгінділерінің** басты практикалық маңызы бар минералдары – сильвин, галит, гипс, ангидрит.

Органогендік таужыныстар организмдердің әсерінен пайда болады. Олар: бор, әктас, диатомиттер, каустобиолиттер (көмір, мұнай). Осылардың ішінен кең тарағандары органогенді карбонаттық таужыныстар. Маңыздысы биогендік жаратылысты темірлі және марганецті шөгінді таужыныстар.

Темірлі таужыныстар коллоидтық ерітінділерден түзіледі. Сол кезде ортаның оттекті көрсеткіші өте маңызды болады. Бос оттектің бар болуына байланысты тотықты (гидрогетит, гематит), карбонатты (сидерит) немесе силикатты (лептохлорит) кендер түзіледі. Кен тарағаны лимонит, ол полиминералды темірдің сулы тотықтары, саздар және құмды заттардың қоспасы болады. Жер бетінде темірлік кендердің 30 %-ы осы шөгінді темір кенорындарына келеді.

Өнеркәсіптік жағынан марганецтік шөгінді кенорындары да маңызды. Марганец темір сияқты коллоидтық ерітінділерден пайда болады, бірақ темірден үлкен тереңдікте түзіледі.

Теміркенді таужыныстардың басты минералдары: гидрогетит, гетит, глауконит, сидерит; **қосымша минералдары:** пирит, вивианит, барит, псиломелан, апатит, гематит, халцедон; **практикалық маңызды минералдары:** гидрогетит, гетит, сидерит.

Марганецкенді таужыныстардың басты минералдары: псиломелан, пиролюзит, манганит, опал, гидрогетит; **қосымша минералдары:** глауконит, барит, марказит, пирит, апатит; **практикалық маңызды минералдары:** псиломелан, пиролюзит, манганит.

Биохемогендік шөгінділерге фосфориттер де жатады, олардың құрамында карбонат-апатит болады. Биохимиялық жолмен уран, молибден, қорғасын және мырыш сульфидтерінің кейбір шөгінді кенорындары пайда болады. Кенорындары, әдетте көмірлі таужыныстары және көмірлі қабаттарға, көмірлі тақтатастар және битумды таужыныстарға байланысты болады. Бұл органикалық заттардың жоғарғы дәрежедегі адсорбциялық қабілетіне байланысты.

Шөгінді таужыныстардың жер қыртысында таралуы бірдей емес, кесекті таужыныстары 25,4 %, саздар 53 %, химиялық және биохимиялық таужыныстары – 21,6 %-ды құрайды. Ең көп таралғандары саздар мен аргиллиттер, екінші орында құмдар мен құмтастар, үшінші – әктастар.

Бақылау сұрақтары:

1. Мору процесі, физикалық және химиялық мородың себепкерлерін атаңыз?
2. Қандай минералдар мору қыртысына тән?
3. Экзогендік шөгінді минералжаралу процесінің сатылары қандай болады?

2.2.5. Метаморфтық және метасоматиттік минералжаралу процестері. Метаморфтық және метасоматиттік минералдардың парагенетикалық ассоциациясы

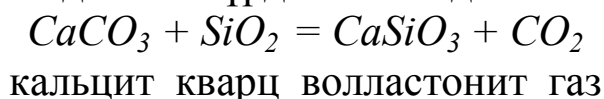
Метаморфизм процестері деп жер қойнауында температура, қысым, ыстық ерітінділер мен газдар әсерінен бұрын жаралған магмалық және шөгінді таужыныстар минералдарының қайта кристалдануын айтады.

Температураның өсуі химиялық реакцияларды, минералдардың қайта кристалдануын жылдамдатады және жаңа жоғары температуралы минералдың жаралуына әкеледі. Жер қойнауында жылу көзі боп табылатындар: тереңдікті флюидтер – ерітінділер ағыны, радиоактивтік ыдырау, магмалық интрузиялар, тектоникалық қозғалыстар, минералдар жаралуының реакциялары. Температура 10°C өссе, химиялық реакция екі есе жылдам өтеді, ал 100°C -қа өссе – 1000 есе. Температура жер бетінен 1 км тереңдікте 10° -тан 100° -қа дейін өседі. Метаморфизм процестерінің температуралары 300° -тан $800\text{--}1000^{\circ}$ -қа дейін. Қысым 200-ден 700 мПА-дан жоғары болады.

Қысымның екі түрі бар: бағдарлы (стресс) және әртүрлі бағытты. **Стресс** тектоникалық қозғалыстармен байланысты. **Әртүрлі бағытты қысым** жоғары жатқан таужыныстардың ұшпалы компоненттері және тектоникалық қозғалыстар қысымдарының әсерімен сипатталады.

Химиялық активті заттарға H_2O , CO_2 , F , S , B , P , K , Na элементтерінің қоспалары жатады.

Метаморфизм процесінде таужыныстар мен кендердің бұрынғы минералдық және химиялық құрамы, сонымен бірге, физикалық қасиеттері елеулі өзгеріп, тіпті жер қойнауындағы кенорындары басқа түрлерге ауысуы мүмкін. Мысалы, шөгінді таужыныстарын алсақ, олардың құрамында минералдар метаморфизм процесінің әсерінен судан айырылып өзгеше минералдық түрлерге ауысады. Демек, лимонит $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ магнетитке FeFe_2O_4 ; псиломелан $\text{BaMn}^{2+}\text{Mn}^{4+}_9\text{O}_{20} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ пирролюзитке MnO_2 ; каолинит $\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ мусковитке $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ ауысып, соңында толығымен судан босаған минерал – дистен $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$ пайда болады. Декарбонаттану құрылысы әктас арасында мына үрдіспен өтеді:



Сонымен, метаморфизм құбылысының негізінде қайта кристалдану, таужыныстардың тығыздануы, бастапқы таужыныстардың құрамындағы су мен карбонаттан айырылу әрекеттері жатады. Метаморфизм таужыныстардың қалыптасуына бастапқы таужыныстардың химиялық құрамының маңызы зор.

Егер метаморфизм процесінде бастапқы таужыныстардың құрамы өзгермей, сақталып қалса, ондай метаморфизм түрін

изохимиялық дейді, ал таужыныстардың түпкі химиялық құрамы елеулі өзгеріп, жаңа минералдар пайда болса, ондай құбылысты **метасоматоз** деп атайды.

Метаморфты минералдар, әдетте бір мезгілде кристалданады. Температура және қысым әсерінен таужыныстардың құрылысы күрделі өзгереді. Ұсақ түйірлі минералдар еріп, олардың орнына ірі кристалдар пайда болады. Қайта кристалдану құбылысы салдарынан таужыныстарды және кендерді кұрайтын минералдар жаңадан топтасып, олардың ішкі құрылысын толығымен өзгертеді.

Жылу, қысым және химиялық белсенді компоненттердің қатысуына және геологиялық жағдайға байланысты метаморфизм 4 түрге бөлінеді: 1) катаклаздық, 2) жапсар-термалық, 3) аймақтық, 4) метасоматоз.

Катаклаздық метаморфизм жердің жоғарғы қабаттарында стрестің, яғни бір бағытты күшті қысымның әсерінен өтеді. Бұл кезде температура төмен болады. Таужыныстар қарқынды механикалық деформацияға ұшырайды. Катаклаздық таужыныстардың мынандай негізгі түрлері бөлінеді: тектоникалық брекчиялар, катаклазиттер және милониттер.

Минералдық құрамы өзгермейді, бастапқы таужыныстар-дікіндей болады.

Жапсар-термалық метаморфизм интрузиялардың сырт жағында және магмалық балқымалардағы ксенолиттерде орын алады. Мұнда метаморфизм тудыратын басты себеп – ол магмадан шығатын жылу. Метаморфизм температурасы 550–900⁰С аралығында өтеді. Бұл процесс тағы да төмен қысым және H_2O , CO_2 , O_2 қатысуымен өтеді. Сонымен қатар, түйіспе, қоршап жатқан таужыныстардың маңызы өте зор. Пайда болатын таужыныстары: роговик, мәрмәр және кварциттер. Жапсар-термалық өзгерістер ауданы тек қана ондаған немесе жүздеген метрмен өлшенеді.

Жапсар-термалық процесінің даму жағдайы, метаморфизм құбылысының қарқыны келесі себептерге байланысты: 1) көлемі үлкен (алып) интрузиялардың төңірегінде қоршап жатқан таужыныстары аумақты өзгереді; 2) интрузия неғұрлым үлкен тереңдікте кристалданса, соғұрлым температура баяу төмендеп, суыну толығымен қарқынды өтеді; 3) граниттік магманың құрамындағы белсенді ерітінділер мен газдың қоры мол болғандықтан, қоршап жатқан таужыныстардың химиялық және

минералдық өзгерістері қарқынды өтеді; 4) қоршап жатқан таужыныстардың құрамы және олардың физика-химиялық қасиеттері.

Жапсар-термалық метаморфизм процесінің минералдары: андалузит, хиастолит, силлиманит, кордиерит, ставролит, анартас.

Аймақтық метаморфизм Жер қыртысының қозғалмалы белдеулерінде болып, үлкен аймақтарды қамтиды. Оның басты себепкерлері температура және қысым, сондықтан оны динамотермалық метаморфизм деп атайды. Аймақты метаморфизм мыңдаған, жүздеген шаршы километр ауданға тарап, ауқымды өлкені алады. Жоғары температура мен қысым әрекетінен және де су буы, көмірқышқыл газы, т. б. белсенді химиялық компоненттердің қатысуымен бастапқы эндогенді және экзогенді таужыныстар өзінің құрамын және құрылымын өзгертіп, метаморфты түзілімдерге ауысады. Пайда болатын таужыныстар: жасыл тақтатастар, амфиболиттер, гранулиттер, мәрмәрлар, кварциттер, эклогиттер және т.б.

Аймақтық метаморфизм процесінің таужыныстарында жаңадан пайда болған минералдар: анартастар, альбит, хлорит, эпидот, актинолит және т.б. (7-кесте).

7-кесте

Аймақтық метаморфизмнің әртүрлі фациялары таужыныстарының минералдар парагенетикалық ассоциациялары

Метаморфизм фациялары			
Жасыл тақтатастар	Эпидот-амфиболиттік	Амфиболиттік	Гранулиттік
Хлорит, кальцит, кварц, альбит, мусковит, серицит, актинолит, тремолит, тальк, серпентин, магнетит, гематит, графит, асбест.	Горнбленд, эпидот, биотит, мусковит, кварц, қышқыл плагиоклаздар, анартас, магнетит.	Горнбленд, орта плагиоклаздар, биотит, кварц, анартас (альмандин) кианит, магнетит.	Ромбылық және моноклиндік пироксендер (диопсид, гиперстен), анартас, негізді плагиоклаздар, ортоклаз, кварц, форстерит.
Аксессуарлық минералдар: магнетит, гематит, ильменит, графит, турмалин, циркон, сфен, пирит, апатит.			
Практикалық маңызы бар минералдар: магнетит және гематит (темір кварциттері), графит, тальк, асбест, дистен, анартастар, мәрмәрлар және кварциттер (таужыныстар ретінде) және т.б.			

Аймақтық метаморфизм процесінің пайдалы қазбалары: аймақтық метаморфизм нәтижесінде корунд, анартас, графит пен мәрмәрдің кенорындары жаралады. Сподумен, *W, Pb, Zn, Mo, Fe, Cu* және т.б. металды пайдалы қазбалар кенорындары байланысты. Мысалы, Қостанай аймағында атақты темір-кендік Соколов-Сарыбай белдеуіне 100 аса скарндық кенорындары кіреді (Кашар, Соколов-Сарыбай, т.б.). Олардың басты кендік минералдары: магнетит, пирит, пирротин, марказит, гематит, сфалерит.

Метаморфтық таужыныстармен платформалардың фундаменти және қалқандардың ашылымдары құрастырылған. Ал континенттерде кең тараған осы метаморфтық таужыныстар болады. Метаморфтық таужыныстардың минералдық құрамы әртүрлі, ол бастапқы таужыныстардың құрамына байланысты (8-кесте).

8-кесте

Бастапқы таужыныстармен байланысты метаморфтық таужыныстардың басты минералдары (А.А. Маракушев бойынша)

Бастапқы таужыныстар	Метаморфтық таужыныстар	Басты минералдар
1	2	3
Саздар	мүйізтастар	кварц, далашпаттар, магнетит, биотит
	гнейстер	кварц, далашпаттар, биотит, мусковит, анартас
	слюдалық тақтатастар	кварц, мусковит, биотит, хлорит, дистен, альмандин, альбит
	филлиттер және сазды тақтатастар	кварц, слюда, хлорит, альмандин
Мергельдер, әкті туфтар, негізді эффузивтер және олардың туфтары, габброидтар	пироксендік мүйізтастар	далашпаттар, пироксендер, кварц, амфиболдар
	амфиболиттер, пироксен-плагиоклаздық кристалдық тақтатастар	плагиоклаздар, горбленд, диопсид, анартас
	эпидоттық амфиболиттер	плагиоклаз, эпидот, горнбленд, кварц
	хлориттік жасыл тақтатастар	альбит, эпидот, хлорит, актинолит, кварц, кальцит
	эклогиттер	анартас, пироксендер, амфиболдар, плагиоклаз, дистен

Бастапқы таужыныстар	Метаморфтық таужыныстар	Басты минералдар
1	2	3
Қышқыл эффузивтер, гранитоидтар	серициттік тақтатастар	серицит, альбит, кварц, хлорит
	гнейстер	кварц, далашпаттар, биотит
Кварцты құмтастар	кварциттер	кварц, және аксессуарлық: слюдалар, далашпаттар, дистен, спессартин, диопсид, тремолит, апатит және т.б.
Әктастар, доломиттер, магнезиттер	мәрмәрлар	кальцит, доломит, магнезит, диопсид, форстерит, шпинель, флогопит, тремолит, тальк
Перидотиттер	амфиболдық, хлориттік, тальктік тақтатастар	оливин, пироксендер, амфиболдар, хлорит, магнетит, тальк, брусит, магнезит, доломит, серпентин
Темір және марганецті, кремнийлік шөгінділер	магнетиттік, гематиттік және марганецтік кенді кварциттер	кварц, магнетит, гематит, спессартин, амфиболдар
Бокситтер, латериттер	наждактар	корунд, диаспор, шпинель, гематит, магнетит

Метасоматоз процесінде бір минералдар еріп, оның орнына екінші минералдың қалыптасуы бір уақытта болады. Пайда болатын таужыныстар гранит тәрізді таужыныстар, фениттер, скарндар, грейзендер, серпентиниттер, листвениттер, аргиллизиттер және т.б.

Метасоматиттік ауыстыру құбылысы гидротермалық процесте кең тараған. Бұл құбылыстың мағынасы – қатты денелер (мысалы, таужыныстар), гидротермалық ертінділер, балқымалар, пневматолиттермен реакцияға түскенде таужыныстың, әр минералы басқа минералдармен немесе химиялық құрамы өзгеше агрегаттармен ауысуында. Қатты және тығыз таужыныстарда метасоматиттік өзгерулер минералдың жалпы көлемін өзгертпей өтеді. Оны ығыстырылған минералдық, құрылымдық ерекшеліктерінің сақталып қалуынан аңғаруға болады. Мысалы, аса негізді таужыныстар құрамындағы оливин серпентинмен ауысқанда, оливиннің бұрынғы пішіні сақталып қалады. Норвегия ғалымы В. Линдгренинің

«ығыстырушы минерал ығыстырылатын минералдың орнын толық басады» деген көлемдік ережесі сақталады. Таужыныстардың метасоматиттік өзгеріске ұшырау процесі, осы өзгерістер нәтижесінде пайда болатын минералдар немесе минералдық ассоциациялар, құрамына сәйкес арнаулы аттарға ие болады. Олар мынадай метасоматиттік процестер:

Грейзендену – ол интрузивтік, шөгінді, метаморфтық, эффузивтік қышқыл таужыныстардың тереңдік магмадан бөлініп шыққан газ және ыстық су ерітінділерінің әсерінен кварц-мусковит құрамды метасоматиттік таужыныстар – грейзендердің пайда болуы. Грейзендермен бірге қалайы, вольфрам, молибден, висмут минералдарына қанық кварц желілері кездеседі.

Грейзендер минералдарының парагенетикалық ассоциациясы: **басты минералдар** – кварц, мусковит, топаз, флюорит; **қосымша және аксессуарлық** – касситерит, турмалин, берилл, вольфрамит, шеелит, арсенопирит, молибденит, пирротин, халькопирит, пирит; **практикалық маңызы бар минералдар** – касситерит, вольфрамит, шеелит, берилл. Жаратылысы жағынан грейзендерге альбититтер жақын, олар ниобий мен танталға бай.

Кварцтену – ол қышқыл және орта магмалық таужыныстар гидротермалық ертінділер әсерінен өзгеруі нәтижесінде түзілетін өнімдер. Олардың мономинералды түрі – туынды кварциттер (қазақтастар). Оларда кварцпен қатар корунд, андалузит, диаспор, каолинит, пирофиллит, алунит, дюмортьерит, серицит сияқты алюминийге бай минералдар жиі кездесіп, кенорындарын түзеді. Туынды кварциттер мен қорғасын, цинк, мыс, күміс, алтын кенорындары да генетикалық байланысты болады.

Серициттену – ол түпкі таужыныстар, оның ішінде көне дәуірде жаралған эффузивтер және осы құрамдағы туфтар, алюмосиликаттар, әсіресе далашпатардың серицитпен ығыстырылу процесі. Гранит-порфир дайкалары біртіндеп серицит-кварцты таужыныстар – березиттерге айналады (**березиттену**). Березититтер халькопирит, сфалерит, пирит құрамды кендерге бай. Егер серициттенуге ұшыраған таужыныстары құрамында магнезит ($MgCO_3$) қатысса, пайда болған таужынысын **лиственит** деп, ал процесті **листвениттену** (құрамында хромды слюдалардың фукситтің қатысуына байланысты жасыл түсті болғандықтан) деп атайды.

Хлориттену – ол магнезиалды-темірлі қабыршақты және сулы алюмосиликаттардың хлоритке айналуы.

Серпентиндену – ол ультранегізді таужыныстардың темір-магнезиалдық силикаттарының (оливин, пироксен) гидротермалық ертінділер әсерінен ыдырап, серпентинге $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$ айналу процесі. Серпентиниттермен асбест, тальк, магнезит, силикатты никель, нефрит, хризопраз кенорындары байланысты.

Пропилиттену – ол орта және қышқыл құрамды жанартаулық таужыныстардың гидротермалық ертінділер әсерінен өзгеру процесі, аз тереңдікте өтіп, зор кеңістікті қамтиды. Пропилиттену кезінде магний-темір құрамды силикаттар хлоритпен, плагиоклаздар – адуляр және альбитпен ауыстырылады, бұл көбінесе асыл және түсті металдар кенорындарын түзілу кезінде кең тараған.

Каолиниттену – ол таужыныстарын құрайтын бастапқы минералдар ыдырап сазды минералдарымен ауысу процесі. Мысалы, граниттердің далашпаттары каолинитке айналады. Сөйтіп, каолин кенорындары түзіледі.

Литостатикалық қысым немесе таужыныстары қатпарланғанда пайда болатын бүйір қысымдарының әсерінен бұл ертінділер таужыныстармен реакцияға түсіп, оларды белгілі мөлшерде өзгеріске ұшыратып, ерітіп, *Cu*, *Zn*, *Pb* және т.б. басқа кенді элементтерге, SiO_2 , Al_2O_3 , BaO , SrO , Ka_2O , K_2O , MgO , CaO сияқты бейкендік компоненттерге, *S*, *F*, *B*, *Li*, *As* сияқты ұшпалы қосындыларға байытады.

Бұл компоненттер иондық немесе коллоидтық ертінділер түрінде таужыныстардың жарықтары мен қуыстарына еніп, минералдар түрінде тұнып, гидрогендік **стратификациялық кенорындарын түзейді**. Тұзды ертінділер айналасындағы таужыныстарда метасоматиттік өзгеріске ұшыратады. Мысалы, аутигендік альбиттену құбылысы және аутигендік альбититтер осындай ертінділердің әсерінен пайда болған.

Скарндық процестер. Скарн деп химиялық әртекті таужыныстар арасында магмадан қалған ертінділердің қатысуымен метасоматоз әрекеті арқылы пайда болған жапсар-метасоматитті генетикалық түріне жататын таужыныстар мен оған байланысты кенорындарын айтады. Метасоматозда бір мезгілде ескі минералдар еріп, орынбасу реакциясы арқылы, химиялық құрамы мен құрылымы өзгеріп, жаңа минералдар қалыптасады. Бұл өзгерістер қатты күйде өтеді.

Жапсар-метасоматиттік процесте минералдардың жаралуына келесі факторлар себепкер болады:

1. Химиялық құрамы, интрузивтік таужыныстар мен оларды қоршаған таужыныстардың физика-механикалық қасиеттері. Орта қышқылды интрузиялар (гранодиориттер, кварцты диориттер, монцониттер), оларды қоршаған әктастар, доломиттер өзара жанасып, құрамы және құрылысы күрделі скарн денелерін түзейді. Минералдық денелердің пішініне және минералжаралу процесінің қарқынды өтуіне таужыныстардың кеуектілігі, сызықтануы, жарықтар мен қуыстардың өтімділік дәрежесінің жоғары болуы себеп болады.

2. Жапсар белдемінде жайылған газ, флюидтер, бу, су ерітінділерінің химиялық құрамы, ұшпалы компоненттердің үлесі. Оттек, күкірт және сілтілі элементтердің қоюлығының өзгеруі.

3. Физика-химиялық факторлары. Қазіргі уақыттағы көзқарастар бойынша скарндарда минерал түзілу процестері 900 °С басталып, 100 – 50 °С дейін өтеді.

Литостатикалық қысым температураның тұрақтылығына және жапсар белдемде ұшпалы компоненттердің сақталуына әсерін тигізеді.

Инфильтрациялық метасоматозда ерітінділердің ағынымен тасымалданған компоненттер күрделі минералды, желі пішінде, кендік скарн түзейді. Осы жағдайларда фильтрациялық эффектін маңызы зор болады; демек өткізгіштігі әртүрлі таужыныстардан ерітінді өткенде, компоненттердің жылжу жылдамдығы өзара өзгеше болуы мүмкін, сондықтан кейбір компоненттер қалып, басқалары баяу немесе тез жылжиды. Соның әсерінен инфильтрациялық метасоматитті минералдардың белдемдерде қалыптасып, кеңістікте скарнның құрылымы заңды түрде өзгереді.

Биметасоматитті скарндардың құрамы инертті компоненттермен SiO_2 , Al_2O_3 , CaO және MgO сипатталады.

Доломиттер бойынша магнезиалдық скарндар, ал әктастар бойынша әкті скарндар пайда болады. Олардың минералдар ассоциациялары әртүрлі. Скарндар – металдық пайдалы қазбалар және флогопит кенорындарының маңызды генетикалық түрі болады. Кендер, әдетте скарндардың минералдары бойынша дамиды. Олардан флогопиттердің 50 %-ы, вольфрамның 30 %-нан көп мөлшерде қорғасын және мырыш, *Mo*, *Fe*, *Cu* және т.б. өндіріледі.

Магнезиалдық скарндар минералдарының парагенетикалық ассоциациясы: **басты минералдар** – форстерит, диопсид, флогопит, магнетит; **қосымша және акцессорлық** – кварц, плагиоклаздар, шпинель, людвицит, апатит, титанит, актинолит (тремолит); **практикалық маңызы бар минералдар** – флогопит, магнетит, людвицит.

Әкті скарндар минералдарының парагенетикалық ассоциациясы: **басты минералдар** – гроссуляр-андрадит, диопсид-геденбергит, эпидот, магнетит, волластонит; **қосымша және акцессорлық** – плагиоклаздар, тремолит, шеелит, молибденит, флюорит, пирит, халькопирит, кобальтин, галенит, сфалерит; **практикалық маңызы бар минералдар** – магнетит, шеелит, молибденит, кобальтин, галенит, сфалерит.

Бақылау сұрақтары:

1. Метаморфтық және метасоматиттік процестердің мағынасы қандай?
2. Катаклездық, жапсар-тармалық және аймақтық метаморфизмдердің басты себепкерлері қандай?
3. Метаморфтық және метасоматиттік таужыныстардың минералдар парагенетикалық ассоциациялары және пайдалы қазбалары қандай?

2.3. Минералогиялық зерттеулердің басты әдістері

Минералогиялық зерттеулердің мақсаты мен міндеті, әдістері, орындалатын жұмыстардың бағыты және көлемімен анықталады. Геологиялық картаға түсіру және пайдалы қазындылардың кенорындарын іздеу жұмыстарында минералогиялық зерттеулердің басты мақсаты – минералдарды дұрыс диагностикалау, іздеу және кенорындарының бағалау, практикалық мазмұнын анықтау бағытында іздеудің минералогиялық белгілерін тауып пайдалану.

Табылған кенорындарын барлау бағытында кенді және бейкенді минералдық шикізаттардың сапасын және минералдық қорларын анықтау басты міндет болады.

Далалық және зертханалық зерттеулер минералдық зерттеулердің басты әдістері боп табылады.

2.3.1. Далалық зерттеулер әдістері

Далалық минералдық зерттеулер жалпы геологиялық барлау жұмыстарының бөлімі боп табылады. Негізінен минералдық нысандарды зерттеу нақты геологиялық карталар мен сұлбаларды жасаудан басталады, оларда зерттеу нысандарының геологиялық құрылымы, морфологиясы мен мөлшері, кеңістікте орналасуы көрсетіледі.

Келесі сатысы кенорындарында пайдалы қазбалар сыйыстырушы таужыныстардың ашылымдарын немесе ұңғымалар таужыныстарын (кern) құжаттап зерттеу болады. Сол кезде мынандай мәселелерді шешу қажет: 1) таужыныстары денелерінің пішіні және олардың өлшемдерін, жатыс элементтерін анықтау; 2) асты-үстіңгі қабаттарымен қарым-қатынастарын байқау; 3) таужыныстардың қалыңдығы және олардың көсілу бойындағы өзгерістерін сипаттау; 4) петрографиялық сипаттау жүргізу (таужыныстардың немесе кендердің бітімі, құрылымы, түсі, минералдық құрамын анықтау), бұл жұмысты өткізгенде, минералдық агрегаттардың денелерін сызба түрде мұқият суреттейді немесе фотоға түсіріп алады, кенорындағы минералдық ассоциацияларының саны, олардың жаралу уақыттары және реттілігі, кенорынның жаралу жағдайлары, жеке кристалдар мен агрегаттардың өсуі туралы деректерді жинау; 5) таужыныстардағы органикалық қалдықтардың құрамы мен көмілу жағдайларын анықтау; 6) әртүрлі кірмелерді анықтау; 7) әр қабаттан зертханалық зерттеулер үшін сыналар алу; 8) жиналған мәліметтер бойынша таужыныстардың пайда болу жағдайы туралы алдын ала қорытынды жасау.

Далалық зерттеулерге пайдалы қазбалар кенорындарын минералогиялық әдіспен зерттеу де жатады. Минералогиялық зерттеулерге пайдалы қазбаларды бірден табу, оларды дұрыс диагностикалау, бағалау және минералдардың орналасу заңдылығы, соның шектерін анықтау жатады.

Өзендермен байланысты алмас, алтын, қалайы, киноварь және т.б. пайдалы қазбалардың кенорындарын зерттеген кезде, өзендер арналарының шөгінділерінен белгілі бір мөлшерде сынамааларды (шлихтерді) жинау қажет. Шлихтер өзен суының ағысы баяуланған иірімдерден алынады, сол жерлерде пайдалы ауыр минералдар тез тұнуына жағдай жасалған. Астауға салынған шлих алдымен жуылып

тұндырылады. Астауды өзен суына шайқаған кезде, топырақ, құмдардың жеңіл минералдары (далашпаттар, кварц, слюдалар) сумен бірге ағып кетеді де, түбінде біраз мөлшерде байытылған ауыр пайдалы минералдар қалады. Оны сұр түсті шлих деп атайды, бастапқы минералдық құрамын зерттеу далалық жағдайда өтеді. Содан кейін, шлихтер әртүрлі зертханалық әдістермен зерттеуге жіберіледі.

Далалық жағдайларда минералдық іздеу жұмыстарын өткізгенде, келесі белгілер қолданылады: 1) таужыныстардың өзіне тән минералдық парагенетикалық ассоциациялары барлығын (пегматиттік, скарндық, граниттік, әктастық, құмтастық, т.б.); 2) кенорындарымен байланысты белгілі бір типоморфтық минералдар барлығын (каолинит, цеолит, хлорит, т.б.); 3) тотығу белдемдеріндегі кездесетін минералдық ассоциациялар, бастапқы құрамының өзгерген түрін көрсетеді (мысалы, малахит, азурит, лимонит табылған жерлерде, терең қабаттарында бастапқы мыс сульфидтердің барын көрсетеді); 4) минералдар кенорындарынан алыстаған сайын, олардың сырт пішіні, химиялық құрамы және қасиеттері өзгеруін ескеру керек.

2.3.2. Минералогиялық зертханалық әдістер

Минералдарды дәл және деректі диагностикалау үшін минералогиялық зертханалық зерттеу әдістері арқылы, олардың морфологиясы, химиялық құрамы, құрылымы және физикалық қасиеттерін анықтайды. Минералдарды диагностикалау олардың оптикалық қасиеттері, тығыздығы, қаттылығы, кристалдық тордың параметрлерін анықтау арқылы жүргізіледі. Зертханалық зерттеулерге көмек ретінде көптеген минералдарды анықтаушы және олардың қасиеті мен құрамы жарияланған анықтамалықтар, анықтама сөздіктер және диаграммалар пайдаланылады. Минералдарды аз мөлшерде монокристалдар немесе ұнтақталған агрегаттар түрінде зерттейді.

Минералогиялық зертханалық зерттеулер әдістері:

1) Кристаллографиялық әдіс минералдар кристалдарының пішіні, жақтары, сингониясын анықтауы және жақтар арасындағы бұрыштарының тұрақтылығына негізделген. Бұрыштарды

ганиометрмен өлшейді, алынған көрсеткіштер анықтамалар арқылы минералды нақты диагностикалайды.

2) Микроскопиялық немесе кристаллооптикалық әдіс минералдарды үйектегіш микроскоппен зерттеуге негізделген. Зерттелетін таужыныстардың үлгітастарынан арнаулы препараттар – мөлдір тілімтастар (шлифтер) жасалады. Минералдардың өзіндік оптикалық қасиеттерін (салыстырмалы сыну көрсеткіші, сөну бұрышы, оптикалық өстері, т.б.) анықтайды. Табылған көрсеткіштер анықтамалықтар арқылы, минералды дәл анықтауына мүмкіндік туғызады.

3) Минералдың ұнтағын микроскоп арқылы иммерсиялық әдіспен зерттеу, ол сыну көрсеткіші белгілі сұйықтарға минералдардың ұнтағын салып тексеру нәтижесінде, оның абсолюттік сыну көрсеткішін табуына әкеледі де нақты минералды анықтайды.

4) Спектрлік әдіс минералдың сандық және сапалық мөлшерін зерттейді, минералдық заттардың аз мөлшерінің (200 мг) ұнтағын спектрограф арқылы тексереді. Бұл әдіспен пайыздың мыңнан бір бөлшегін құрайтын химиялық компоненттерді де анықтайды

5) Химиялық әдіс минералдардың немесе таужыныстардың 0,5 тен 5,0 г дейін ұнтағын зерттейді, оның нәтижесінде олардың және кірме қоспалардың химиялық құрамын табады.

6) Хроматтық (боялу) әдісі әртүрлі реактивтер-бояғыштардың әсеріне негізделген, саздар, карбонаттар және калишпаттар боялу ерекшелігі арқылы құрамын зерттеуге пайдаланылады.

7) Электронды-зондық әдіс минералды құрайтын атомдарының өздеріне тән рентген сәулелері шашу қасиетіне негізделген. Бұл сәулелердің энергиясы өте жоғары болғандықтан, атомдардың ішкі қабатындағы электрондық қозғалысын туғызады, содан кейінгі электрондардың кеңістікте қайта құрылымдануы рентген сәулелері кванттарының эмиссиялануын қамтамасыз етеді.

8) Атомдық-абсорбциялық анализ. Электрондар сыртқы электрондық орбитадан ішкі орбитаға ауысқан кезде, атомдар шашырататын рентген кванттарының энергиясы, аталған екі орбита арасындағы энергияның шамасына тең, және сол сәуле шашыратқан элементтің ерекшелігін көрсететін шама. Атомдардың электромагниттік сәулелерді сіңіріп алуы да (абсорбция) кванттық процесс және ол электрондардың ауысуының түрлеріне байланысты.

9) **Плазмалық спектроскопия.** Атомдар рентген сәулелерінің кванттарын бөлгенде, сол сәулелерге тән энергиялар бөлінеді. Қыздырған кезінде атомдар жай қалыптан, қозғалыстық қалыпқа ауысады және бұрынғы қалпына қайтқанда олар электромагниттік жарқырау кванттарын шашыратады. Анализ кезінде үлгі 6000–8500 °С-ға дейін қыздырылады. Шашыраған (фотондардың) сәулелерден анықталатын элементке тән толқын ұзындығын бөліп, жарқырау қарқындығы фотокөбейткіштер арқылы өлшенеді. Алынған нәтижелер эмиссиялық стандарттармен салыстырылып, элемент концентрациясының мөлшері анықталады.

10) **Рентгенқұрылымдық әдіс** минералдық заттардың кристалдық құрылымын рентген сәулелері арқылы зерттейді. Талдау жасайтын кеннің өлшемі 3–5 микрон, силикаттар 10 микроннан жоғары болуы керек. Зерттелетін нысанды 300–400 есе үлкейтіп көрсетеді. Кен тарағаны дебаеграмма тәсілі, оны пайдаланғанда арнайы камерада аз мөлшердегі минералдың ұнтағынан рентген сәулелерін өткізеді де фотосуретке-дебаеграммаға түсіреді. Ол кристалдың сингониясы және кристалл торлары жақтарының арақашықтығын көрсетеді.

11) **Электрондық микроскопиялық әдіс.** Электрондық микроскоптың көмегімен минералдардың ұсақ бөлшектерінің морфологиясы, жақтардың беті мен жарықтарының ішкі құрылысы және минералдардың құрылымы зерттеледі. Көп есе үлкейтудің нәтижесінде (10^4 - 10^5 есе) нәзік дисперстік, жасырын кристалдық және минералдардың аморфты агрегаттарын зерттеуге мүмкіндік туғызады (сазбалшықтар және қабатты силикаттар, темір, марганец, алюминийдің сулы тотықтары, т.б.).

Электрондық микроскоптардың бірнеше түрлері бар: **сәуле өткізгіш электронды микроскоптар** электрондар бөлмейтін жұқа минералдарды анықтауға бағытталған; **эмиссионды электронды микроскоптар** – электрондық бейнелер зерттелетін объектілер бөліп шығаратын электрондар арқылы жасалады; **термоэлектронды эмиссионды микроскоп** – үлкен температурада өңделетін металдарды және олардың балқымаларын зерттеуге арналған.

12) **Радиометрлік әдіс** – радиоактивті элементтердің α , β қарқындылығын және γ сәуле шығаруын анықтауға мүмкіндік етеді. Өлшеу α , β , γ – өлшемдерімен, көп арналы анықтауыш арқылы және басқа аспаптардың көмегімен іске асады.

13) Термикалық әдіс минералдарды қыздырғандағы өзгерістерді зерттейді. Үлгі арнаулы пешке қойылып, оның температурасын біртіндеп көтереді. Термобудың көмегімен температураның өзгерілуі және жарықты өзіне тарту процесі, жылу шығаруын белгілейді. Термалық әдіспен қыздырудың қисық сызығын алады, олар заттың өзгеруін көрсетеді. Термалық әдіс құрамы қатпарлы силикатты (мысалы, глина минералдары), сулы тотықты, карбонаттарды, бокситтерді, кейбір темір кендерін және басқа минералдар мен таужыныстарды қарастырғанда кеңінен қолданылады.

14) Инфрақызыл спектроскопия әдісі минералдардың инфрақызыл сәулелерін бойына сіңіруіне негізделген. Құрамында су, анионды кешендер бар минералдардың және сулы тотықтар топтарының құрылымдық әдісі болып табылады.

15) Люминисценттік әдіс минералдық заттарды ультракүлгін, катодты немесе радиоактивті сәулелерінің қатысуымен, сәуле шашырату немесе қыздырылу қасиетіне негізделген. Люминисценттік сәулелер минералдарға әсер еткенде пайда болатын жарқырауының қарқындылығы және түсі арқылы алмас, шеелит, флюорит, циркон, монацит, урандық слюдалар, апатит және т.б. минералдарды жай көзбен немесе шлифте люминисценттік микроскоптың көмегімен айтарлықтай дәлдікпен анықтауға болады.

16) Термобарометриялық әдіс минералдық заттардың құрамындағы газ-сұйықтық қоспаларын зерттеу нәтижесінде, олардың жаралуындағы физика-химиялық жағдайларын анықтауға мүмкіндік береді.

17) Масс-спектрометриялық әдіс. Бұл әдіс масс-спектрометрдің көмегімен химиялық элементтер изотоптарының салыстырмалы мөлшерін табады және минералдардың нақты жасы және таужыныстардың температурасы мен пайда болуы, гидротермалық ерітінділердегі судың табиғатын анықтауға өте көп көмегін тигізеді.

18) Физика-химиялық эксперимент. Минералогиялық зерттеулерде физика-химиялық эксперимент мынадай мақсаттарға арналады: 1) минерал пайда болу жағдайларының модельдерін жасау; 2) кристалдарды синтездеудің тиімді әдістерін табу. Минералдардың пайда болу процесінің нұсқасын жасау, сол минерал жаралған ортаның химиялық жағдайы, температурасы мен қысымын арнаулы техника және аппаратура көмегімен эксперименттер жүргізу арқылы жүзеге асырады.

Физика-химиялық эксперименттерді минералогияда пайдаланудың екінші жолы, ол зергерлік және техникалық монокристалдар өсіру әдістері. Бұл бағытта қол жеткен табыстар мол деп айтуға болады. Қазіргі кезде 40-тан аса минералдар, оның ішінде: алмас, зүбәржат, рубин, сапфир, анартастар және т.б. минералдар жасанды түрде алынып, зергерлік бұйымдар жасауда және техника саласында әртүрлі мақсатта қолданылады.

Табиғаттағы процестерді модельдеу айтарлықтай қиын, өйткені жоғары температура мен қысым жасау үшін арнаулы құралдар керек. Минералогия мен петрологияның көп сұрақтарына тек қана эксперимент жауап бере алады. Сондықтан, генетикалық минералогиялық зерттеулерде эксперименттің маңызы өте зор, сол үшін эксперименттік жұмыстарды қарқынды дамыту керек. Эксперименттер жүргізу әдістерімен қатар минералогтар математикалық статистика әдістерін де меңгеруі тиіс, өйткені жиналған мол әртүрлі аналитикалық материалдарды дұрыс қорытындылай білу, сол материалдарды тиянақты пайдаланудың кепілі.

Бақылау сұрақтары:

1. Минералдық зерттеулердің нысандары және мақсаттары қандай?
2. Минералдық далалық зерттеулердің мақсаты.
3. Минералдық зертханалық әдістердің түрлері және қолданылуы қандай?

2.4. Минералдардың типоморфизмі, генерациялары және парагенетикалық ассоциациясы деген ұғымдар

Минералдардың типоморфизмі – олардың жаратылу жағдайы және мезгілін өзінде сақтау қасиеті, сондықтан өздерінің типоморфтық ерешеліктерімен генезисін көрсетеді. Типоморфизм туралы білімнің негізін типоморфтық минералдар және типоморфтық ерекшеліктер құрайды.

Типоморфтық минералдар – ол біртекті жағдайда және бір мезгілде пайда болған минералдар. Мысалы, сфалериттің – жоғарғы температуралы түрінде құрамында темір болады және түсі қара, ал төмен температуралы түрлері түссіз немесе ашық-сары (темірсіз кейде кадмиймен). Сонымен, сфалериттің түсінен құрамы (темір қоспасы

барлығын) мен жаратылу температурасын болжауға болады. Гроссуляр (жасыл түсті әкті-глиноземді анартас) скарндарға тән; альмандин (қызыл түсті темірлі-глиноземді анартас) кристалдық тақтатастарға және гнейстерге; уваровит (зүбәржатты-жасыл хромды анартас) тек аса негізді таужыныстарда хромды теміртаспен кездеседі. Турмалин – оның кен тараған түрі темір құрамды қара түсті – шерл. Ол көптеген пегматиттік желілерде, соның ішінде мусковиттік пегматиттерде болады. Турмалиннің қызғылт (рубеллит) және полихромды (түрлі-түсті) сирек түрлестері, сирек металды пегматиттерді сипаттайды, оларда литий, цезий, тантал, ниобий минералдары бар. Сонымен, қызғылт және полихромды турмалиннің барлығы сирек металдардың барын көрсетеді.

Минералдардың типоморфтық ерекшеліктері – ол дарактардың пішіні, құрамы, кристалдық құрылымы, физикалық қасиеттері жаратылыстарының жағдайына байланысты болатындығы. Сонымен, минералдардың морфологиялық, химиялық, құрылымдық және физикалық типоморфтық ерекшеліктері бөлінеді. Морфологиялық ерекшеліктерінің мысалы боп касситерит кристалдары саналады, ол пегматиттік желілерде дипирамидалық пішінді, ал гидротермалық желілердегі касситерит, әдетте призмалық болады.

Минералдар генерациясы – ол әртүрлі жастағы олардың дарактары, олар айырықша минералжаралу сатыларда түзілген және оларда өзіндік типоморфтық ерекшеліктері бар. Минералдардың арақатынастарына қарай, мысалы, бір минерал екіншіні қиып желілерімен өткенде, олардың түзілу реттігін білуге болады. Әр генерацияның минералдары бір-бірінен химиялық құрамы және сыртқы белгілері – түсі, түйірлердің өлшемі, жақталуымен және т.б. ерекшеленеді. Мысалы, кварц ерте генерацияларында жиі сұр түсті, ал соңғыларда – ақ, және анық жақталған және мөлдір болады (мөлдіртас).

Кенорындарында минералогиялық зерттеулер өткізгенде кварц, сульфидтер және т.б. минералдардың бірнеше генерациялары анықталады. Осы зерттеулер іздеу және барлау жұмыстарында маңызы зор, оларды өткізу нәтижесінде генерациялардың ішінен бағалы және өнеркәсіпте пайдалатындары көрсетіледі. Кенорындарында немесе кенді алаңдардағы минералдардың және олардың генерацияларының түзілу қатары, сұлбаларда және диаграммаларда типоморфтық белгілері, минералдардың заңды ассоциациялары көрсетіледі. Мысалы,

минерал сподумен полихромды турмалин, пластинкалы альбит (клевеландит), лепидолитпен кездеседі, ал биотитпен кездеспейді.

Қорыта келгенде, минералдардың типоморфизмі және генерациялары геологиялық формацияларды кендік деңгейіне қарап саралау, кенорындарын іздеу, олардың жаралу жағдайларын алдын ала анықтауға пайдаланылатын өте құнды себепкерлер және белгілер болады.

Минералдардың парагенетикалық ассоциациялары – ол минералдық агрегаттар құрайтын минералдардың заңды тобы, олар бір минералжаралу процестің сатысында, бірдей физика-химиялық жағдайда, бірге және бір кезде пайда болған. Осындай ассоциациялар тұрақты болады және табиғатта қайталанып тұрады. Мысалы, үлгітаста – лимонит, малахит, хризоколла, кварц, пирит және халькопирит. Бұл жағдайда екі минералдар парагенетикалық ассоциациясын бөлуге болады – ертеректі, ол гидротермалық (пирит, халькопирит, кварц) және соңғысы, гипергендік (малахит, хризоколла, лимонит).

Минералогия, петрография және пайдалы қазбалар ғылымында минералдар парагенетикалық ассоциациялары туралы білім өте маңызды. Парагенетикалық ассоциациялар заңдылығы, кенорындарын іздеуге практикалық маңызы өте зор. Мысалы, хромдық кендерді тек аса негізді таужыныстары таралған алаңдарда, ал қалайы және вольфрам кендерін – қышқыл таужыныстардың арасынан іздейді. Граниттер мен әктастардың жапсарлас шекарасында пироксендік және анартастық скарндарды тапқанда, сол жерде шеелит немесе басқа кендік минералдарды іздеу керек. Кенорындарында минералдардың генезисін немесе жаралу ретін табу үшін парагенетикалық ассоциацияларының маңызы зор болады.

2.5. Жер қыртысында химиялық элементтердің таралуы, химиялық элементтер кларкі

Химиялық элементтердің жердің әртүрлі қабатында, таужыныстарда және кендерде тарау заңдылығын олардың геологиялық процестерде қалыптасу, шашырау минералжаралу ортасының физика-химиялық жағдайының өзгеруі кезінде жинақталу заңдылығын зерттейтін ғылым саласын **геохимия** деп атайды. Геохимия, әсіресе 1869 ж. Д.И. Менделеев (1834–1907) элементтердің

периодтық кестесін жасап біткеннен кейін ғана, өзінше жеке ғылыми бағыт болып қалыптаса бастады. Геохимия ХХ ғасырдың ғылымы болып есептеледі. Қазіргі кезде кристаллография, минералогия және петрография геохимияның негізі болып саналады және онымен тығыз байланысты.

Жер қыртысында химиялық элементтердің таралуы. Жер қыртысында біз минералдар мен таужыныстарын құрайтын химиялық элементтердің сан алуан түрлерін кездестіреміз. Жер қыртысындағы химиялық элементтердің орта мөлшерін 1889 ж. америка ғалымы Ф.У. Кларк (1847–1931) есептеп шығарды. Химиялық элементтердің литосферада тарауының орта мөлшерлерін анықтаумен академиктер В.И. Вернадский және А.Е. Ферсман айналысты. А.Е. Ферсман американдық геохимик Ф.У. Кларктің құрметіне, химиялық элементтердің Жер қыртысындағы орта мөлшерін **кларк** деп атауды ұсынды.

Әртүрлі химиялық элементтердің кларктік құрамын зерттеулердің нәтижесінде жер қыртысында олардың таралу заңдылығы бар екені анықталды:

1. Химиялық элементтердің Жер қыртысында таралуы біркелкі емес және олар әртүрлі. Кейбір элементтердің кларкі пайыздың жүзден бір бөлігінен 10^{-8} төмен болады.

2. Химиялық элементтердің таралуы олардың периодтық кестеде орналасуымен байланысты. Жер қыртысында ең көп тараған элементтері периодтық кестенің басында орналасады. Олардың реттік нөмірі ұлғайғанда элементтердің таралуы азаяды. Сонымен, бірінші 30-ға жуық элементтердің кларктері сирек пайыздың жүзден біріне түседі, жиі, пайыздың оннан біріне және тұтас пайыздарға дейін болады. Ал қалған элементтердің төмен кларкі, пайыздың мыңнан біріне дейін сирек көтеріледі.

3. Периодтық кестедегі екі көршілес элементтерден жұп элементтің кларкі, тақ элементтің кларкінен жоғары болады. Сонда кларктері жоғары болатын элементтер: *O* (8), *Si* (14), *Ca* (20), *Fe* (26).

4. Литосфераның сегіз химиялық элементтері – *O*, *Si*, *Al*, *Fe*, *Ca*, *Na*, *K*, *Mg*, басты элементтер болады, солардың ішінде алдыңғы орын оттеkte, литосфера массасының жартысын алады және оның көлемінің 92 %-ын құрайды. Г.Вашингтон периодтық кестенің осы элементтерін петрогендік және металлогендік деп бөлді. Петрогендік элементтер жер қабығының негізін – таужыныстардың

денелері және бейметалдық пайдалы қазбаларының кенорындарын құрайды. Металлогендік элементтер жер қыртысында мөлшері шектелген, олар көбіне кендік(*Cu, Pb, Zn, Mo* және т.б.) кенорындарын құрайды. *Fe, Mn* және т.б. элементтер табиғатта екі рөл атқарады, бір жағынан олар таужыныстарда минералдар түзілуінде петрогендік элемент, ал екінші жағынан металдардың ауыр қоспаларында олар металлогендік болады.

Норвегияның атақты геохимигі В. Гольдшмидт барлық химиялық элементтерді геосферада таралуына қарай, 4-ке бөлді: 1 – атмофильдер, 2 – литофильдер, 3 – халькофильдер, 4 – сидерофильдер.

Атмофильдер дегеніміз ауалық (атмосфералық) элементтерге жататындар – газдар (оның ішіндегі бейтарапты газдар), сутек, азот, олардың көпшілігінде атом сыртындағы қабығы 8 электроннан тұрады.

Литофильдер – литосфера мен жоғарғы мантияны құрайтын таужыныстардың құрамына кіретін элементтер, яғни оттегі қосылатын элементтері – литий, натрий, калий, магний, кальций, алюминий, кремний, оттегі және т.б. Олардың иондары 8 электрондық қабықты болады.

Халькофильдер – бұл мысқа тән элементтер, сульфидтік кенорындарын құрайтын таужыныстар және минералдар құрамына кіретін элементтер: мыс, мырыш, қорғасын, сынап, күміс, алтын, мышьяк, қалайы, күкірт және т.б. Иондары 18 электрондық қабықты болады.

Сидерофильдер – темірге тән элементтер, бұл жердің ішкі өзегіне (металдық ядросына) жиналатын элементтер: темір, кобальт, никель, платина тобы, көміртек және т.б. Олардың иондарының сыртында қосымша құрылысты электрон қабықтары бар.

Бақылау сұрақтары:

1. Кларк деген не?
2. Жер қыртысында қандай элементтер қалай тараған?
3. Минералдардың таралуы қандай болады?

2.6. Минералдардың химиялық құрамы, эмпирикалық және құрылымдық формуласы

Минералдардың барлық физикалық қасиеттері: тығыздығы, қаттылығы, түсі және т.б. – олардың химиялық құрамына байланысты болады.

Минералдардың белгілі бір минералдық топқа жатқызу үшін пайдаланылатын басты және тұрақты шамасы – оның кристаллохимиялық құрылымы. Бұл шама минералдың химиялық формуласын жазу арқылы анықталады.

Минералдың химиялық құрамын анықтау үшін химиялық талдау жасайды. Осы талдаудың нәтижесін есептеп, минералдың формуласын анықтайды. Минералдардың формуласы **эмпирикалық және құрылымдық** болып екі түрге бөлінеді.

Эмпирикалық формула минералды құрайтын әртүрлі элементтер сандық құрамын анықтағанымен, сол минерал құрайтын элементтердің өзара байланысы және арақатынастары туралы мәліметтер бермейді. Мысалы, мусковиттің эмпирикалық формуласы $H_2KAl_3Si_3O_{12}$, ал құрылымдық – $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$.

Құрылымдық формула минералдың химиялық құрамын, оны құрайтын элементтердің өзара байланыстарын толық көрсетеді. Құрылымдық формуланы жазғанда минералдағы аниондық және катиондық кешендерді көрсету керек. Өзара жақын байланыстағы атомдар бөлек немесе жай жақшамен, ал радикалдар шаршы жақшамен бөлінеді. Элементтер және олардың изоморфтық қоспалары жай жақшаға алынып, бір-бірінен үтір арқылы бөлінеді. Кристаллохимиялық саны көп элементтер, бірінші орынға қойылады. Мысалы, сидерит $Fe[CO_3]$, микроклин $K[AlSi_3O_8]$, апатит $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl,OH)$ және т.б. Көп тараған әдістердің бірі – минералдардың формуласын оттегі бойынша есептеу.

Формуланы есептеу үшін оттекті қоспалар оксидтерінің молекулалық массалары және сульфидтер элементтерінің атомдық массаларының кесте анықтамалары қажет болады. Анықталған сульфидтік минералдардың элементтер пайыздық мөлшері, олардың атомдық немесе молекулалық сандарына бөлінеді. Осылай әр элементке сәйкес, коэффициентті табады. Минерал формуласы осы коэффициентке сәйкес құрастырылады, кестеде үлгілері көрсетілген (9-кесте).

Сульфидтердің химиялық формуласын есептеу үлгісі

Элемент-тер	Химиялық тараптама берген сан, %	Атомдық (молекулалық) сан	Пайыздық мөлшердің атомдық санға қатынасы	Қатынас бойынша анықталған коэффициент	Химиялық формула
1	2	3	4	5	6
<i>Cu</i>	34,40	63,5	$34,40 : 63,5 = 0,544$	1	<i>Cu Fe S₂</i> – халькопирит
<i>Fe</i>	30,0	56,0	$30,0 : 56,0 = 0,541$	1	
<i>S</i>	35,87	32,0	$35,87 : 32,0 = 1,1220$	2	
<i>Pb</i>	42,75	207,2	$42,75 : 207,2 = 0,204$	1	<i>PbCuSbS₃</i> бурнонит
<i>Cu</i>	12,77	63,5	$12,77 : 63,5 = 0,201$	1	
<i>Sb</i>	24,76	121,8	$24,76 : 121,8 = 0,206$	1	
<i>S</i>	19,40	32,0	$19,40 : 32,0 = 0,606$	3	

Анартастың (гранаттың) химиялық талдауын есептеу

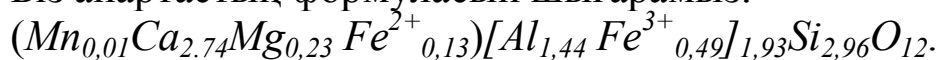
Анартас (гранат) тобының минералдары бірнеше мүшелі изоморфтық қатар түзеді, олардың жалпы формуласы $R_3R_2^{3+}[SiO_2]_3$, онда $R^{2+} = Mg, Ca, Fe^{2+}, Mn$, $R^{3+} = Al, Fe^{3+}, Cr$.

Химиялық құрамын формулаға есептеп шығарамыз (10-кесте). Молекулалық сандарды әр тотықтың массалық мөлшерін молекулалық массасына бөліп және оны 1000-ға көбейтіп табамыз. Мысалы, SiO_2 алсақ, сонда $36,76 : 60,06 \times 1000 = 612$ болады. SiO_2 және TiO_2 молекулалық сандары біріктіріледі. Анартастың құрамы оттектің 12 атомына келтіріледі. Оттектің атомдық сандары, тотықтардың катиондар және оттек сандарынан есептеп шығырылады. Мысалы, катиондардың атомдық сандары $Al_2O_3 = 154 \cdot 3 = 462$. Оттектің жалпы атомдық сандары 2543, осы қосындыны 12-ге бөлсек, 212 көбейткішін шығарамыз. Содан кейін әр компонент үшін оттек атомдарының санын табамыз, мысалы, Al_2O_3 , $462 : 212 = 2,18$. Катиондар атомдарының санын, тотықтардың катиондар және оттек сандарының қатынасынан табамыз. Мысалы, SiO_2 -де катиондар атомдарының саны оттек атомдарынан екі есе аз, $5,95 : 2 = 2,96$. Енді бір-бірін изоморфты ауыстыратын катиондарды екі валенттілерін (Mn, Ca, Mg, Fe^{2+}) және үш валенттіліктерінен (Al, Fe^{3+}) бөліп біріктіреміз.

Анартастардың (гранаттардың) химиялық формуласын есептеу үлгісі

Компоненттер	Массалық мөлшер, %	Молекулалық сан	Катионның атомдық саны	Оттектің атомдық саны	Оттек атомдарының саны	Катиондардың атомдар саны
					(12-ге қайта келтіргенде)	
SiO_2	36,76	612	630	1260	5,95	2,96
TiO_2	1,37	18				
Al_2O_3	15,69	154	308	462	2,18	1,44
Fe_2O_3	8,56	53	106	159	0,75	0,49
FeO	2,04	28	28	28	0,13	0,13
MnO	0,20	3	3	3	0,01	0,01
MgO	1,96	49	49	49	0,23	0,23
CaO	32,62	582	582	582	2,74	2,74
Na_2O	0,26		-	-	-	-
K_2O	Жоқ	-	-	-	-	-
H_2O^+	0,48	-	-	-	-	-
H_2O^-	0,04	-	-	-	-	-
Қосындысы	99,98			2543		

Біз анартастың формуласын шығарамыз:



Осы анартастың құрамын бөлек құраушыларға бөліп көрсетуге болады, олар кейде өзіндік түрлер болып келеді:

Гроссуляр $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$ немесе $3CaO + Al_2O_3 + 3SiO_2$;

Альмандин $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$ немесе $3FeO + Al_2O_3 + 3SiO_2$;

Пироп $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$ немесе $3MgO + Al_2O_3 + 3SiO_2$;

Андрадит $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$ немесе $3CaO + Fe_2O_3 + 3SiO_2$;

Спессартин $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$ немесе $3MnO + Al_2O_3 + 3SiO_2$.

Формулалар көрсеткендей, кейбір элементтер тек бір минералдың құрамына кіреді. Бұл Mn , Mg , Fe^{2+} , Fe^{3+} , басқа элементтер екі (Ca), төрт (Al), бес (Si) минералдар құрамына кіреді.

Бақылау сұрақтары:

1. Минералдардың қандай химиялық формулалары болады?
2. Минералдардың эмпирикалық және құрылымдық формуласының айырмашылығы неде?

2.7. Коллоидтық жүйелер

Коллоидтар дегеніміз, заттардың майда тозаң (дисперсия) түріндегі ерітіндісі. Коллоид грекше «колла» – «желім, кілегей» деген сөз. Жердің ең үстінгі қабаттарында, қыртыстарында коллоидты заттар өте көп кездеседі, олардың қосындылары – 93 %-ды құрайды. Еріген тозаң – **дисперсия фазасы** болады, екіншісі ерітуші **дисперсиялық төңірек** деп аталады. Олар қатты, сұйық және газ түрінде бола береді.

Дисперсия системалары: 1) ірі дисперсия системасы диаметрі $> 100 \text{ м}\mu$, біраз тұрған соң, тұнып қалады; 2) коллоидтық дисперсия системасы $1 - 100 \text{ м}\mu$ (10^{-6} мм ден 10^{-4} мм-ге дейін) – суспензия мен эмульсиялар (ультрамикроскоппен көруге болады); 3) молекулалық дисперсия системасы $< 1 \text{ м}\mu$ – молекулалық өлшемге жеткен дисперсия системасы, микроскоппен көре алмаймыз, олар мөлдір болады. Коллоидтық ерітінділердің табиғатта көп кездесетін органикалық заттары – сүт, қан, түтін, сия, тұман және т.б.

Минералдардың арасындағы коллоидтық ерітінділері боп табылатындар: сулы кремний тотықтары ($\text{SiO}_2n\text{H}_2\text{O}$ – ақықтар, сутастар), алюминийдің сулы тотықтары ($\text{Al}_2\text{O}_3n\text{H}_2\text{O}$ – саздар, жосалар), темірдің сулы тотықтары ($\text{Fe}_2\text{O}_3n\text{H}_2\text{O}$ – түрлі бояулар, жосалар, охралар, лимониттер және т.б.), кальций мен магнийдің карбонаттары (кальцит – CaCO_3 , доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ және т.б.).

Коллоидтардың дисперсия фазалары (майда тозаңды) **мицелла** деп атайды, олар кейде зарядты болады. Коллоидтық ерітінділерді **золь** дейді, су ерітіндісі – **гидрозоль** (сия, бояу, сүт), ауа ерітіндісі **аэрозоль** (**тұман, түтін**), балқыған ерітінділер – **пирозоль**, кристалдардың ерітінділері – **кристаллозоль** деп аталады. Тұманда, суық заттың майда тамшы бөлшектері ауада жүзіп жүреді, түтінде – қатты кесектер өте майда бөлшек түрінде газда жүзеді.

Коллоидтық ерітіндісінде мицеллалар көбейіп, еріткіш азайып, «қоюланатын» болса, онда золь орнына **гель** пайда болады. Дисперсиялық төңірегіне қарай – гидрогель, аэрогель, кристаллогель болып бөлінеді.

Мицелланың өзіне, суды сіңіру немесе сіңірмеу қасиетіне қарай – **гидрофильді** және **гидрофобты** деп аталады. Қатты мицелланың өз бойына төңіректегі ерітуші заттың сіңіруін – **сальватация**, ал, ол зат су болса **гидротация** дейді. Әрбір коллоидтық мицеллалардың бірақ түрлі электр заряды болады, сондықтан олар өзара қосыла алмайды, броун (қалай болса солай) қозғалысында болады.

Коагуляция деп коллоид мицеллалардың қанығып, зарядтарын жоғалтқан кезде, олар бір-біріне жабысып, үлкейе бастайды, іріленген бөлшектер ақырында тұнады немесе ұйып, кілегей дей гелге айналады, содан соң қатайды.

Табиғи суларда, оң зарядты иондар (H^{+1}) мен теріс зарядты иондардың (OH^{-1}) қатынас мөлшері бойынша бөлінуі: бірдей болса, реакция нейтралды, (H^{+1}) көп болса – реакция қышқыл, (OH^{-1}) көп болса – сілтілі болады.

Сутек ионның концентрациясына қарай, pH бойынша, ерітінділер бейтараптық (нейтралдық), қышқылдық және сілтілік болады.

$pH = 10$ – магнийдің сулы тотығы тұнады (сілтілі топырақ);

$pH = 7$ – темірдің сулы тотығы тұнады (өзен суы);

$pH = 6$ – мыстың сулы тотығы (жауынның суы);

$pH = 5$ – алюминийдің сулы тотығы тұнады.

Егер коллоидтық бөлшектер (гельдер) ерітінді ішіндегі иондарды бетіне жабыстырып жұтса, оны **адсорбция** деп атайды.

Көп тұрған гель біртіндеп кристалдық түрге айналады, өйткені, кристалдық пішін, заттың зарядсыз, ең берік формасы болып табылады. Коллоидтың кристалға айналған түрін **метаколлоид** деп атайды. Мысалы, опал $SiO_2 \cdot nH_2O$ – коллоид, суы кеуіп кеткен соң кристалданып кварцқа немесе халцедонға айналады, сол кезде пайда болған минералдар **метаколлоидтық минералдар** деп аталады. Гидротроиллиттен $FeSH_2O$ – марказит, пирит – FeS_2 пайда болады. Қоңыр теміртастардың коллоидтарынан ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) – гетит ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$), гематит (Fe_2O_3) пайда болады. Пішіндері сауыстанған, ішкі құрылысы белдемді боп келеді. Метаколлоидтық минералдардың пішіндері: сталактит, сталагмит, конкреция, секреция, оолиттер, лизеганг сақиналары.

Коллоид ерітіндісіне электротогын жібергенде, зарядты мицеллалар электрод жағына қарай ығысып, соған жабысып жиналады (электрофорез жасайды). Қышқыл ерітіндімен сілтілі (негізді) ерітінділердің мицелла зарядтары екі текті (бір-біріне қарама қарсы) болады.

2.8. Минералдардағы су

Конституциялық су – минерал ішіндегі ең берік орналасқан су. Ол иондарға жіктеліп, OH^{-1} , H^{+1} , H_3O^{+1} түрінде кристалдық тордың құрылысынан орын алған су бөлшектері. Мысалы, тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$, топаз $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$.

Кристаллизациялық су – кристалдық торға жіктелмеген тұтас су молекуласы (H_2O) түрінде кірілген су. Ондай суы бар минералдарды кристаллогидраттар деп атайды, $300^{\circ}C$ -қа қыздырғанда суы шығып кетеді. Кейбір кристалдың ішкі құрылысы кеуекті, қуысты болады, су молекуласы сол қуыстан орын алады. Су кепкеннен соң минерал сол қалпында қалады. Осындай жағдайда кристаллизация суын цеолиттік су деп атайды, өйткені, цеолит минералдар тобында кристалл құрылысына әсер етпейтін су болады. Мысалы, гипс $Ca[SO_4]2H_2O$, сода $Na_2[CO_3]10H_2O$, гидроборацит $CaMgB_6O_{11}6H_2O$ және т.б.

Адсорбциялық су – минералға механикалық жолмен араласқан (сіңген) су молекуласы. Ол тұрақты емес, минералды $110^{\circ}C$ -қа қыздырғанда бөлініп кетеді. Ол қабатты құрылымы бар, минералдар қабаттарының бетінен орын алады. Минерал ісініп қалыңдайды, көлемі өседі. Мысалы, монтмориллонитке $(Al_2Mg_3)[Si_4O_{10}](OH)_2nH_2O$ адсорбциялық су сіңгенде, оның жеке қабаттарының қалыңдығы $9,6 \text{ \AA}$ -нен $28,4 \text{ \AA}$ -ге дейін өседі.

Бақылау сұрақтары?

1. Коллоидтық жүйелер қандай болады?
2. Метаколлоидтық минералдарға қандай минералдар жатады?
3. Минералдардағы сулардың түрлері қандай?

2.9. Минералдарды жүйелеу

Қазіргі заманда пайдаланатын минералдардың, яғни табиғи қосылыстардың жүйелеу негізін қалаған Швецияның химия және минералогия ғалымы И.Я. Берцелиус (1814). Кейін Дж. Дэна (1850) осы химиялық негізін басшылыққа алып "Минералогия жүйесі" атты көп томдық анықтама еңбегінде барлық минералдарды келесі топтарға (кластарға) бөлді: 1) табиғи таза (сомтума) элементтер, 2) күкіртті және мышьякті қосылыстар, 3) галогенді қосылыстар,

4) оттеқ қосылыстары, 5) органикалық заттар.

Қазіргі заманда көп тараған көзқарасқа кристаллохимиялық жүйелеу әдісі жатады. Өткен ғасырдың отызыншы жылдарында В. Брегг және В. Гольдшмидт силикаттарды жүйелеу үшін кристаллохимиялық әдіс ұсынды.

Кейін осы бағытта зерттеу жүргізіп, бұл білімнің дамуына қомақты үлес қосқандар А.Г. Бетехтин, Е.К. Лазаренко, В.С. Соболев, А.С. Поваренных, Г.П. Барсанов, А.А. Годовиков. Бұл ғалымдардың пікірі бойынша минералдарды топтастыру кезінде, олардың басқа да қасиеттерін есепке алу қажет, яғни кристалдардың ішкі құрылым ерекшелігін, минералдарды құрайтын бөлшектер арасындағы химиялық байланыс түрлерін, бөлшектердің тығыз қалану тәртібі, олардың координациялық сипаттарын және т.б. Осы принцип бойынша, барлық бейорганикалық минералдарды біз келесі кластарға бөліп зерттейміз: 1) сомтума элементтер; 2) сульфидтер; 3) тотықтар және сулы тотықтар; 4) галогенидтер; 5) карбонаттар; 6) сульфаттар; 7) ұсақ кластар: а) фосфаттар; б) арсенаттар; в) вольфраматтар және молибдаттар және т.б.; 8) силикаттар класының топтары: а) аралдық силикаттар, б) тізбекті және таспалы силикаттар және алюмосиликаттар, в) қабатты силикаттар және алюмосиликаттар, г) қаңқалы алюмосиликаттар.

Класс дегеніміз – басты анионына қарай немесе радикалына байланысты өзгешеленген химиялық қосылыстар, яғни минералдар. Мысалы, сульфидтер, оксидтер, силикаттар, карбонаттар, сульфаттар және т.б. кластар. Кластар ішінде бір химиялық байланыс түрі басым болады, ал топтарға құрамы және құрылымы жақын минералдар бөлінеді. Сонда жүйелеу түрі мынандай болады: **минерал — топ — класс.**

Химиялық элементтердің көпшілігі табиғи жағдайда қосылыстар түрінде кездеседі. Бірақ кейбір элементтер қосынды түрінде және өз алдына жеке элемент түрінде де, ал басқа элементтер тек қосынды түрінде немесе тек жеке элемент түрінде ғана кездеседі. Элементтердің мұндай болып кездесуі, олардың химиялық қасиеттеріне және айналасындағы геологиялық жағдайларға байланысты болады.

Минералдарды сипаттағанда келесі деректерді келтіреміз: минералдың химиялық құрамы; олардың ішіндегі элементтер қоспалары; құрылымдық және кристаллографиялық сипаттары

(құрылымының өзгешелігі, сингониясы, симметрия түрі және символы, кеңістік торы, элементарлы ұяларының параметрлері, кристалдардың пішіні және қарапайым пішіндер жақтарының символдары, т.б.); агрегаттары; физикалық қасиеттері; диагностикалау белгілері; ұқсас минералдардан ерекшеленуі; типоморфтық ерекшеліктері; минералдарды пайдалану салалары; практикалық маңызы.

Бақылау сұрақтары:

1. Минералдардың кристаллохимиялық жүйеленуі.
2. Класс дегеніміз не?
3. Минералдар қандай кластарға бөлінеді?

2.10. Минералдар кластарының жалпы сипаттамасы

2.10.1. Сомтума элементтер класы

Сомтума элементтер деп механикалық әдістермен айырылып алынатын, атом құрылысты минералдарды айтады. Сомтума элементтер түрінде кездесетін 80 химиялық элемент белгілі, басымдысы металдар, көпшілігі өте сирек кездеседі. Сомтума элементтер жер қыртысының жалпы массасының 0,1 %-ын құрайды. Сомтума элементтер табиғи жағдайда көбінесе таза бола бермейтінін ескерте кетейік, олардың ішінде де аздаған әртүрлі аралас қоспалар болады.

Сомтума металдарға күшті металша жылтырлық, төмен қаттылық, ілмекше жарылымдар тән. Олар тапталғыш, жақсы электр-және жылуөткізгіш болады, тығыздықтары жоғары және химиялық төзімді (алтын тек қана «патша арағында» ериді, басқа қышқылдарда ерімейді) келеді.

Сомтума элементтердің жаратылыстары: магмалық (алмас), гидротермалық (алтын, күміс), метаморфтық (графит), жанартаулардың атқылауынан пайда болған түзілімдер (сомтума күкірт) және экзогендік (мыс, күкірт).

Сомтума элементтер зергерлік (алтын, күміс, платина, алмас) және тіс емдеу (алтын) істерінде, күкірт қышқылын, жарылғыш заттарды өндіруге және ауылшаруашылығы зиянкестерімен күресуге

(күкірт), металлургияда (графит), электротехникада (мыс, графит), алмаздық коронкалар және кезкіштер шығаруға пайдаланылады.

Сомтума металдарды мысты-қызыл (мыс), алтындай-сары (алтын), күмістей-ақ (күміс), қорғасынша-сұр (платина) түстерімен, металша жылтырлықтарымен, металша жылтыр сызық түстерімен, төмен қаттылығымен, тапталғыштығымен, жымдастығы жоқтығымен, электр тогын өткізгіштігімен және жоғары тығыздығымен белгілеп анықтайды.

Алтын, күміс, мыс кристалдар түрінде өте сирек кездеседі, жиі дендриттер, пластинкалар, жапырақшалар, қабыршақтар және сомтумалар құрастырады.

Бақылау сұрақтары:

1. Сомтума элементтер класы қандай топтарға бөлінеді?
2. Сомтума металдарға қандай минералдар жатады және олардың қолдануы қандай?
3. Сомтума бейметалдық топқа қандай минералдар жатады және олардың қолдануы қандай?

2.10.2. Сульфидтер класы

Сульфидтер класының топтары: **жай сульфидтер** (халькозин, галенит, сфалерит, киноварь, пирротин, пентландит, антимонит, аурипигмент, молибденит); **қос сульфидтер** (халькопирит және борнит); **дисульфидтер** (пирит, марказит, кобальтин, арсенопирит); **күрделі сульфидтер** (күңгірт кендер).

Сульфидтердің 250 аса түрлері белгілі. Химиялық көзқарастан, олар күкірт сутегінен жаралған болады. Нақты күкіртпен қоспалар түзетін темір, мырыш, қорғасын, мыс, сурьма, молибден, сынап, күшәла, кобальт, никель, және т.б. Сульфидтердің құрамына изоморфты қоспалар түрінде кіретіндер: кадмий, индий, галлий, рений, таллий.

Сульфидтердің барлығына металша жылтырлық, үлкен тығыздық тән, электр- және жылуөткізгіштікпен сипатталады, олар мортты болады. Жиі түйіршекті агрегаттар түрінде кездеседі және сеппелер құрастырады.

Жаратылысы (генезисі): гидротермалық, магмалық (халькопирит, пирит, пирротин, пентландит), скарндық (халькопирит, галенит, сфалерит, пирротин), экзогендік (галенит, сфалерит, пирит).

Сульфидтер тотыққан кезде бұзылады, олар тотығу белдемді сипаттайтын біріншіден сульфаттарды, кейін сулы тотықтарды, тотықтарды, карбонаттарды түзеді.

Қолдануы. Сульфидтер маңызды кендер болады, олардан қорғасын (галенит PbS), мырыш (сфалерит ZnS), мыс (халькопирит $CuFeS_2$), сынап (киноварь HgS), сурьма (антимонит Sb_2S_3), күшәла (арсенопирит $FeAsS$, аурипигмент As_2S_3 , реальгар AsS), молибден (молибденит MoS_2), никель (пентландит $(Fe,Ni)_9S_8$), кадмий, германий (сфалерит), рений (молибденит, халькопирит) шығарады.

Одан басқа, сульфидтер күкірт қышқылын шығаратын көз болады (пирит FeS_2) және бояу өндіруге пайдаланады (аурипигмент, киноварь).

Сульфид минералдары мен кендерді зерттегенде, оларды мөлдірлігінің нашарлығына және металша жылтырлығының күштілігіне қарай айырады. Дәл диагностика жасай алмаған кезде микроскопты қолданып зерттейді.

Бақылау сұрақтары:

- 1) Сульфидтер класы қандай топтарға бөлінеді, және оларға кіретін минералдар қандай?
- 2) Сульфидтердің жаратылысы және ерекше физикалық қасиеттері қандай болады?
- 3) Сульфидтердің қолдануы қандай болады?

2.10.3. Тотықтар, сулы тотықтар және галогенидтер кластары

Ауыр өнеркәсіпте көп пайдаланылатын металдар (темір, хром, марганец, алюминий, т.б.) оттеппен қосылып табиғатта химиялық құрамы күрделі, маңызы зор тотықтар минералдарын құрайды. Оттек – өте активті элемент және Жер шарына көп тараған (49 %). Сулы тотықтардың құрамына OH тобы, қосымша аниондар және (немесе) су H_2O кіреді, немесе барлығы бірге болады. Тотықтардың 300-ге таяу, ал сулы тотықтардың 80-нен аса минералдық түрлері бар. Осы кластағы минералдардың кең тарағаны кремнезем тобының минералдары (кварц, опал, аметист, халцедон және т.б.), оларға

литосфера көлемінің 12,6 % тиісті, ал темір тотықтарымен, сулы тотықтарға – 3,9 % келеді.

Тотықтардың кристалдық құрылысына аниондардың ішінен O^{2-} , ал сулы тотықтарда OH кіреді. Екеуінің де иондық радиустары 1,36 Å жуық. Кейбір минералдардың құрамына O^{2-} және OH иондары бірдей кіреді. Тотықтар мен сулы тотықтарда адсорбциялық және кристаллизациялық су бар. Катиондар ретінде басты рөлді атқаратын элементтер: *Si, Ti, Fe, Al, Mn*. Химиялық тұрғыдан қарағанда минералдар жай және күрделіге бөлінеді.

Минералдар келбеттері изометриялық, ұзын призмалық, жалпақ, тақталы, жапырақша-қабыршақша болады. Тотықтардың көпшілігі түссіз немесе сәл түсті, ал түстері иондар-хромофорлармен байланысты. Мысалы, корундтың құрамына Cr^{3+} кірсе, ол жарық-қызыл түске боялады (рубин). Минералдар құрамына *Fe, Mn, Ti, Nb, Ta* кірсе, олар қара немесе қарауытты-қоңыр түске ие болады.

Жоғарғы қаттылық кварц, корунд, шпинель, касситериттерге тән. Басқа көпшіліктерінде қаттылығы орташа 5-6. Сулы тотықтар құрамындағы төмен валентті OH кіргеннің нәтижесінде, тығыздығы мен қаттылығы төмендейді.

Оттекті қосылыстардың көпшілігі жер қабатының жоғарғы бетінде, атмосфера мен литосфера арасында, бос оттек бар жерде тараған. Грунттық сулардың деңгейі, бос оттектің жер қыртысына өтетін тереңдігін белгілейді. Мору қыртысында және сульфидтік кенорындардың тотығу белдемдерінде химиялық реакциялар жүру нәтижесінде, тотықтар және сулы тотықтар, тағы да сулы алқаптар – саз батпақтарда, көлдерде және теңіздерде пайда болады. Бұл жерлерде күрделі минералдық қоспалар: темір (қоңыр теміртастар), алюминий (бокситтер), марганец (вадтар) сулы тотықтары пайда болады, олар осы металдардың маңызды кендері болып табылады. Температура ұлғайғанда (ыстық климатта), диагенез және метаморфизм процестері толық өткенде, $Al(OH)$ сияқты гидраттар, $AlOOH$, $FeOOH$ сияқты оксигидраттарға, ал содан кейін Al_2O_3 , Fe_2O_3 жай тотықтарға және күрделі $MgAl_2O_4$, $FeFe_2O_4$ (шпинелидтерге) өтеді.

Тотықтар эндогендік, экзогендік процестерде түзіледі. Эндогендік процестерде тотықтар және сулы тотықтар азырақ пайда болады, бірақ олардың кейбіреулері байқалады. Бұл магмалық кварц, хромит, магнетит, шпинель; пегматиттік – корунд, ильменит,

пироклор; скарндық – кварц, магнетит (жиі гематитпен), шпинель; гидротермалық – гематит, кварц, сирек касситерит.

Тотықтар мен сулы тотықтар *Fe, Cr, Mn, Ti, Al, Nb, Ta, U, Th, Re* және басқа металдардың, тағы да көптеген бейметалдық пайдалы қазбалардың маңызды кендері болып табылады.

Жоғарыда айтылғандай, тотықтар мен сулы тотықтар кендер болып табылады, олардан темір (магнетит, лимонит), марганец (пиrolюзит), алюминий (гидраргиллит) өндіріледі; ступкалар және кішкене келсаптар шығарылады (агат); тотықтар зергерлік істе (сапфир, рубин, аметист, агат, халцедон, ысталған кварц), оптикада (мөлдіртас – тау хрусталі); түрпілер ретінде (корунд, наждак); шынының бояуын кетіру үшін (пиrolюзит) қолданылады.

Бақылау сурақтары:

1. Қандай минералдар тотықтар тобына жатады?
2. Сулы тотықтарға қандай минералдар жатады?
3. Тотықтар мен сулы тотықтар қандай металдардың кені болады?

Галогенидтер класы

Химиялық тұрғыдан қарағанда, галогендік минералдар *HCl* (тұз қышқылы), *HF* (фтор қышқылы), *HBr* (бром қышқылы), *HI* (иод қышқылы) қышқылдардың тұздары (грекше «галос» – тұз) болады. Олардың белгілі қышқылдардағы сутек орнына бір металл орналасатын болса, сол галоид минералдар қатарына жатады. Бұл элементтердің минерал құрау жағынан ең көп кездесетін маңыздысы – хлор мен фтор, ал қалған екеуі сирек кездеседі. Фтордың тұздары қасиеттерінің көптігі жағынан басқаларына қарағанда өзгешелеу тұрады. Фтор тұздары (фторидтер) суға жөнді ерімейді, ал хлоридтер өте жақсы ериді. Фторидтер табиғатта аз тараған минералдар болып келеді, олардың саны 15, ал ішіндегі ең бастысы флюорит болады.

Галогенидтерге 100 шақты минерал жатады, солардың ішіндегі біз қарастыратын **фторидтер** (флюорит) және **хлоридтер** (галит, сильвин) болып табылады.

Бақылау сұрақтары:

1. Галогенидтер класына қандай минералдардың тобы жатады?
2. Галогенидтер қандай қышқылдардың қоспалары болады?

2.10.4. Карбонаттар, сульфаттар және ұсақ кластары

Карбанаттар класына 80-нен аса минерал кіреді, олардың көпшілігі табиғатта кең тараған. Латынша «карбо, карбон» – «көмір» деген сөз, сондықтан карбонаттар көмір қышқылының тұздары болып табылады, ең басты Ca^{+2} , Mg^{+2} , Ba^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+2} , Zn^{+2} , Na^{+2} , Cu^{+2} , Pb^{+2} және сирек жерлердің. Бір валентті металдардың карбонаттары сиректеу кездеседі. Карбонаттар сусыз және сулы болып бөлінеді, құрамына қосымша аниондар OH , F сирек Cl кіреді.

Карбонаттардың көпшілігінің жымдастығы жетілген. Жақтарына және жымдастық жазықтарына шыныша жылтырлық тән. Қаттылықтары орташа 3, тек доломиттікі 3,5-4,0 болады. Көпшілігі түссіз немесе ақ түсті, ал карбонаттардың түсі минералдардың құрамына кіретін хромофор-иондарымен байланысты. Cu кіретін болса, карбонаттар жасыл немесе көк түсті; Fe – құрамдылар ашық-сарыдан қоңырқай түске дейін боялады. Карбонаттардың басқа түстері құрамына басқа заттардың және минералдардың механикалық кірмелерімен байланысты: кара кальцит – битум кірмелерімен; жасыл – хлоритпен; қызыл – гематитпен байланысты және т.б.

Карбонаттар – тұз қышқылында едәуір ерігіш минералдар боп табылады, олар еріген кезде CO_2 бөлініп шығады. Қалыпты жағдайда кальцит, арагонит, малахит, азурит жылдам ерігіш боп табылады. Басқалары тұз қышқылында тек қана қыздырғанда немесе ұнтағында ериді.

Карбонаттар (кальцит) магмалық, гидротермалық-метасоматиттік (доломит, кальцит) таужыныстардың құрамына кіреді. Шөгінді органигендік және хемогендік процестерде пайда болады. Гидротермалық желілерде карбонаттар сульфидтермен бірге кездеседі, скарндарда да болады. Силикатты таужыныстардың ыстық және құрғақ климаттағы мору қыртыстарында магнезит кездеседі. Zn , Cu , Pb (смитсонит, малахит, азурит, церуссит) карбонаттары сульфидтік кенорындардың тотығу белдемдерімен байланысты. Метаморфтық процестерде кальциттік және доломиттік мәрмәрлар пайда болады. Mn^{+2} , Fe^{+2} карбонаттары тез тотығып, тотықтармен сулы тотықтарға айналады.

Карбонаттардың ең көп кездесетін түрі – кальцит. Біз қарастыратын карбонаттар – жай және күрделі карбонаттар топтары.

Жай карбонаттар: кальцит $CaCO_3$, арагонит $CaCO_3$, магнезит $MgCO_3$, доломит $CaMg(CO_3)_2$, сидерит $FeCO_3$, церуссит $PbCO_3$, смитсонит $ZnCO_3$.

Күрделі карбонаттар: малахит $Cu_2[CO_3](OH)_2$, азурит $Cu_3[CO_3]_2(OH)_2$.

Сульфаттар класы

Сульфаттар класына табиғатта кездесетін күкірт қышқылының тұздарын жатқызады, оларды 200 шамасындағы минерал құрайды. Сульфаттардың басты катиондары боп келетіндер: Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Na^{2+} . Халькофильді элементтер – Cu , Zn және ауыспалы элементтер – Mn , Fe өте сирек кездесетін минералдардың құрамына кіреді.

Көптеген сульфаттарға жақсы қырланған кристалдар және олардың друзалары, тығыз қалыптасқан әркелкі түйірлі қоспалар, жер тәрізді агрегаттар, қабықтар, топырақтың түрлі-түсті жағылымдары тән.

Сульфаттардың көпшілігі түссіз, мөлдір, ақ түсті. Көбі көгілдір түсті (барит, целестин, ангидрит), ол ішкі құрылыстарының радиациялық дефектілерімен байланысты, ионизациялық сәуленуінен кейін пайда болған. Кейбір сульфаттар механикалық кірмелермен байланысты түстелген, соның ішінде битумдардың кірмелерімен. Бұл минералдар жұмсақ, олардың қаттылығы 3,5-нан жоғары болмайды, ал сулы сульфаттарда ол төмен – 2-ге таяу. Сульфаттардың көбісі суда тез ериді.

Сульфаттардың жаратылысы негізінде шөгінді – олар хемогендік теңіздік және көлдік шөгінділер боп табылады. Сульфаттар тотығу белдемдерінің минералдары және жанартаулық түзілімдері болып келеді. Олар гидротермалық минералдар түзілу процестерінде де пайда болады, желілік басты минералдар (барит, сирек целестин, ангидрит) болып келеді. Метаморфтық процестердің нәтижесінде гипс қабаттарының дегидратациялануы (сусыздануы) ангидриттің пайда болуына әкеледі.

Сульфаттардың қатарындағы көпшілігі ірі денелер құрайды және құрылыс пен химиялық өндірістерге маңызды үлес кіргізеді.

Құрамы бойынша сульфаттардың ерекшеліктері болып табылатындар – **сусыз сульфаттар:** барит $BaSO_4$, целестин $SrSO_4$, ангидрит $CaSO_4$; және сулы: гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ болады. **Күрделі сульфаттарға** ярозит $KFe_3[SO_4]_2(OH)_6$ жатады.

Ұсақ кластар

Ұсақ кластарында фосфат, арсенат, вольфрамат және молибдаттар қарастырылады.

Фосфаттар және арсенаттар класы

Бұл класқа фосфор және күшәла қышқылдардың тұздары біріктірілген, олардың саны 300 минералдан асады. Көбірек кездесетіндер фосфаттар, бірақ көпшілігі аз тараған және олар сирек ірі жиынтықтарды құрайды.

Құрамдарында басты болып табылатын катиондар Ca^{2+} , Fe^{2+} , UO_2^{2+} , Cu^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} . Қосымша аниондардың бастысы OH^- - иондары, F^- , сирек Cl^- кездеседі. Сипаттайтын минералдардың құрамында H_2O басты рөл атқарады. Ол бөлігінің 50 %-дан аса құрайтын фосфаттардың, тағы да UO_2 кіретін минералдардың барлығының құрамына кіреді. P және As көбінесе өздеріне тән тетраэдрлік оттекті топтар $[PO_4]^{3-}$ и $[AsO_4]^{3-}$ құрайды.

Фосфор және күшәла қышқылының қалдығына катион ретінде бір немесе бірнеше металл қосылса, онда ол фосфор және күшәла қышқылының тұздары болады, олар фосфаттар және арсенаттар класына жататын минералдар болып табылады. Фосфаттар қатарына жататын минералдар саны көп. Бірақ олардың басым көпшілігі өте сирек кездеседі де, олардың ешқандай практикалық маңызы болмайды. Біз тек практикалық маңызы бар және белгілі минералдарды ғана қарастырамыз.

Фосфаттар және арсенаттар класында қарастыратын минералдар: апатит $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl,OH)$, монацит $(Ce,La...)[PO_4]$, бирюза $CuAl_6[PO_4]_4(OH)_8 \cdot 5H_2O$, эритрин $Co_3[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$.

Фосфаттардың көпшілігі ұзынша және ине тәрізді кристалдар құрастырады, кейде кристалдар тақталы, жалпақ болады. Осы класқа кіретін минералдардың көпшілігіне жер тәрізді, колломорфты агрегаттар, қабықтар, тығыз жасырын кристалды жиылымдар тән. Минералдардың көбі түрлі-түсті бояумен ажыратылады, ол құрамындағы иондар-хромофорлармен байланысты; Co – қызғылттан күрең-қызылға дейін; Fe – қоңырқай, сары, көк; Mn – қызғылт. Минералдардың көпшілігіне төмен және орташа қаттылық тән, сирек ол 5-ке жетеді.

Минералдардың басым бөлігі жер бетінде өтетін экзогендік процестермен байланысты. Ал аздаған минералдар магмалық

пегматиттік процесте жаралады (апатит, монацит). Апатит барлық минерал жаратылатын процестерде түзіледі.

Вольфраматтар мен молибдаттар класы

Бұл класқа 20-дан аса минералдардың түрі кіреді. Олардың көпшілігі вольфрам және молибден қышқылдарының тұздары боп табылады, молибдаттар саны вольфраматтардан басым келеді. Катиондардан басты рөл атқаратындар Ca^{2+} , Fe^{2+} , аз дәрежеде Pb^{2+} , Mn^{2+} , және Cu^{2+} (UO_2) $^{2+}$. *Mo* мен *W* бір-бірін изоморфты ауыстырады, және олар аз дәрежеде *V* мен *Cr*-ға ауысуы мүмкін. Минералдардың бір бөлшегінің құрамына конституциялық (*OH*) немесе кристаллизациялық су кіреді.

Молибден мен вольфрам жоғары дәрежеде тотыққан, тетраэдрлік радикалдары $(MoO_4)^{2-}$ және $(WO_4)^{2-}$. Зарядтардың және аниондық топтардың өлшемі бірдей болуына байланысты, кейбір минералдар да бір-бірін ауыстырады. Мысалы, мұндай ауысу шеелит-повеллит қатарына тән.

Минералдардың кристалдарына және кристалдық түйірлеріне изометриялық келбет тәрізді. Қаттылықтары – 3-4,5. Олардың жақтарына немесе жіктілік жазықтарына күшті алмасша жылтырлық тән, түзу емес жарылымдарында – майша. Түстері құрамына кіретін хромофор-иондарымен байланысты. Қоспасыз кальций молибдаттар мен вольфраматтар түссіз, бірақ сирек жерлермен, марганец, темір қоспалары немесе радиациялық ақаулар барда олар әртүрлі түсті болады.

Вольфраматтар (**вольфрамит** $(Mn,Fe)[WO_4]$) гипогенді минералдар боп табылады, олар жапсар-метасоматиттік (скарндық) түзілімдерде, грейзендерде және жоғары температуралы *Sn-W* гидротермалық желілерінде **шеелит** $Ca[WO_4]$ кездеседі. Ал молибдаттар өзгеше – жер бетіндегі процестерде, *Mo* мен *Pb* кенорындардың тотығу белдемдерінде пайда болады.

Бұл минералдардың көптеген жиынтықтары вольфрам мен молибден өндіруге пайдаланылатын құнды шикізат болады.

Бақылау сұрақтары:

1. Карбонаттар класы қандай топтарға бөлінеді, жаратылысы, ерекше физикалық қасиеттері және қолданылуы қандай?
2. Сульфаттардың жаратылысы, ерекше физикалық қасиеттері және қолданылуы қандай?

3. Ұсақ кластар минералдарының жаратылысы, ерекше физикалық қасиеттері және қолданылуы қандай?

2.10.5. Силикаттар класы

Кремний тотығы араласқан минералдардың барлығы **силикаттар** деп аталады. Силикаттардың минералдар түрлерінің жалпы саны 800-ге жуық. Табиғатта белгілі минералдық түрлерінің үштен бір бөлігі осылардың еншісіне тиісті. Таралуы бойынша силикаттар жер қыртысында минералдардың 75 %-ын құрайды. Силикаттар мен алюмосиликаттар таужыныстарды құрайтын өте маңызды минералдар (далашпаттары (45%), слюдалар, оливин, пироксендер, амфиболдар, т.б.) боп саналады. Олар күрделі химиялық құрамды және O , Si , Al , Fe , Mg , Mn , Ca , Na , K , Zn , Li , B , Be , Ti , F , H – терден, және сирек жерлерден тұрады. Қосымша аниондардың орнын (OH), F , Cl алады. Одан басқа кейбір минералдардың құрамына кристаллизациялық, цеолиттік, кабаттық және адсорбциялық су кіреді. Силикаттарға изоморфты орын басу және басқа элементтер комплексі тән. Изоваленттік изоморфтық ауысу құбылысын келесі мысалдар дәлелдейді: $Mg^{2+} — Fe^{2+}$ (оливин); $Al^{3+} — Fe^{3+}$ (анартас); $Ca^{2+} — Mn^{2+}$ (волластонит); $(OH)^- — F$ (топаз, слюда). Гетероваленттік изоморфизм плагиоклаздарға тән: $Na^+ + Si^{4+} — Ca^{2+} + Al^{3+}$ (альбит-анортиттің үздіксіз изоморфизм қатары).

Әртүрлі құрамы бар силикаттарды рентгенометриялық әдіспен зерттеу нәтижесінде, барлық силикаттардың құрылымының негізі кешенді анион түріндегі кремний-оттекті тетраэдр $[SiO_4]^{4-}$ болатындығы белгіленді. Кремнийдің әр атомы айналасында 4 оттегі иондары, тетраэдр пішінінде орналасады. Оттегі пен кремний иондарының байланыстары металдарға қарағанда күштірек, силикаттардың құрылымында металдар катиондар боп саналады. Осы кремний-оттекті тетраэдрлердің өлшемі тұрақты болады. $Si-O$ арақашықтығы $1,6 \text{ \AA}$ тән. Анионды радикалдың көлемінде коваленттік байланыстар басым болады. Катиондар мен аниондар радикалдарының байланысы иондық. Құрамында $(OH)^-$ немесе H_2O бар минералдарда сутегі байланыс белгісі бар. Мұнда еске алатын жағдай кремний 4 оң зарядты, оттегі 2 теріс, демек кремний оттекті тетраэдрде 4 оттегі, 8 теріс зарядқа ие. Сонда тетраэдр құрылымында 4 оң ионы 4 теріспен бейтараптанады, 4 теріс заряды бос қалады,

осымен байланысты кешенді анион $[SiO_4]^{4-}$ 4 зарядқа ие. Екі тетраэдр бір төбелерімен қосылған жағдайда, екі оттектік ортақ болып бейтараптанады, сол кезде тек 6 оттектің 6 теріс заряды бос боп қалады. Олай болса, кремнийдің саны 2, оттектің 7, зарядтың саны 6, сонда $[Si_2O_7]^{6-}$ болады. Демек, силикаттардың құрылымында 3, 4 және 6 кремний-оттекті тетраэдрлер қосарланғанда, олардың ион сандары және заряд көрсеткіштері тура осылай өзгеріп тұрады.

Силикаттардың ең маңызды ерекшелігі кремний-оттекті тетраэдрлердің аса күрделі шекті және шексіз радикалдар түзу қабілеті болады. Кремний-оттекті тетраэдрлердің бір-бірімен қалай үйлесетінімен байланысты силикаттардың және алюмосиликаттардың келесі құрылымдық түрлерге жүйелеуі белгіленеді: **аралдық, тізбек және таспа, қабатты және қаңқалы.**

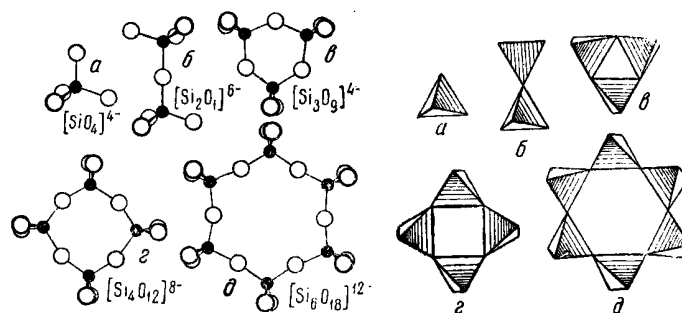
• **Аралдық силикаттар – оңашаланған тетраэдр және оңашаланған тетраэдр топтарымен**

1) **Жеке оңашаланған кремний-оттекті тетраэдрлері бар аралдық силикаттарда** өзара $[SiO_4]^{4-}$ тетраэдрлер байланысты емес, байланыс катиондар арқылы болады. Мысалы, циркон $Zr[SiO_4]$, оливин $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$, кремний-оттекті тетраэдрдің (радикалдың) төрт теріс зарядын Zr және Mg, Fe теңестіріп тұр.

2) **Қосарланған кремний-оттекті тетраэдрлері бар аралдық силикаттар**, радикалы $[Si_2O_7]^{6-}$, бұл құрылымда екі кремний-оттекті тетраэдр екі оттектік ионын бірге пайдаланып, оны бейтарапты және ортақ қылып, қалған алты теріс зарядтары катиондар арқылы теңестіріледі. Мысалы, каламин $Zn_4[Si_2O_7](OH)_2H_2O$.

3) **Сақиналы силикаттарға** үш, төрт, алты кешенді аниондар тән, олар бір-бірімен екі ортақ төбесімен байланысып, жабық оңашаланған сақиналар құрайды, ал қалдық теріс зарядтар катиондарымен бейтараптанады. Кешенді аниондар $[Si_3O_9]^{6-}$, $[Si_4O_{12}]^{8-}$, $[Si_6O_{18}]^{12-}$ сәйкес көрсетілген. Мысалы, берилл алты сақиналы құрылымды, оның формуласы $Be_2Al_2[Si_6O_{18}]$ (6-сурет).

Аралдық силикаттардың кристалдық құрылымының ерекшелігі жоғарыда айтылғандай, оларда құрылымдық бірлік түрінде оңашаланған $[SiO_4]^{4-}$ тетраэдрлік аниондары барлығында. Осы қарастыратын минералдардың кристалдық құрылымында бұл тетраэдрлер оңашаланып, олардағы кремний ионын қоршаған оттектік иондары, басқа кремний-оттекті тетраэдрлермен ортақ болмайды.



6-сурет. Кремний-оттекті тетраэдр топтарының түрлері
(екі түрлі бейнелеуінде)

а) жеке оңашаланған кремний-оттекті тетраэдр $[SiO_4]^{4-}$; б) ортақ төбелерімен байланысқан қосарланған кремний-оттекті тетраэдрлер $[Si_2O_7]^{6-}$; в) сақиналы: үш кремний-оттекті тетраэдрлер $[Si_3O_9]^{4-}$; г) төрт кремний-оттекті тетраэдрлер $[Si_4O_{12}]^{8-}$; д) алты кремний-оттекті тетраэдрлер $[Si_6O_{18}]^{12-}$

Химиялық тұрғыдан қарағанда, бұл силикаттар – ортосиликаттар, олар H_4SiO_4 гипотетикалық қышқылдың тұздары болады. Силикаттар катиондарының басты болатындары: Mg^{2+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} , азырақ Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{3+} , Cr^{3+} , кейде Pb^{2+} , Be^{2+} , Ti^{4+} , Zr^{4+} , Th^{4+} және сирегірек Nb^{5+} . Na^{1+} және K^{1+} сілтілер өте сирек кездеседі. Сирек жерлер кристалдық торларда кальций, натрий және кейде ториймен кездеседі. Аллюминий, титан және цирконий кристалдық торға кірмейді.

Осы силикаттардың физикалық қасиеттері олардың кристалдық торларының тығыз орналасуымен байланысты. Пішіндері, әдетте, изометриялық. Иондарының тығыз қалануымен байланысты қаттылықтары мен тығыздықтары жоғары, сонымен байланысты олардың сыну көрсеткіштері де жоғары болады. Көпшілігінде минералдар түссіз әлде сәл боялған. Жақсы боялғандығы минералдардың құрамындағы хромофорларға байланысты.

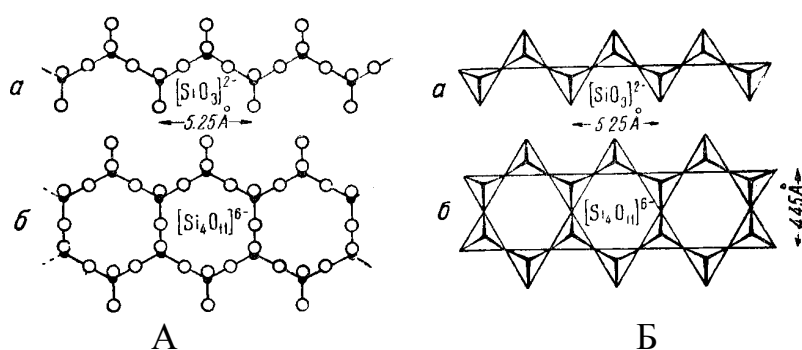
•Үздіксіз тізбек силикаттар, анионды радикалдары $[Si_2O_6]^{4-}$ және $[SiO_3]^{2-}$, пироксендер тобы

Топтың аты «пир» – «от», «ксанос» – «бөтен» деген грек сөздерінен шыққан. Бұл топқа ол аттың берілгені, бастапқы оларды магмалық таужыныстарға тән емес деп санағандықтан болар. Тізбек силикаттарда кремний-оттекті тетраэдрлер жеке оңашаланған тізбек арқылы үздіксіз қосарланады. Жеке тізбек әрбір тетраэдр қасындағы көршілес тетраэдрлерге екі төбесі арқылы жалғасады, радикалдары

$[Si_2O_6]^{4-}$ және $[SiO_3]^{2-}$, катиондары (металдық иондар) осындай әрбір екі тізбек арасында болады. Мысалы, пироксен – энстатит $Mg_2[Si_2O_6]$.

Бұл топ екі топшаларға бөлінеді: **ромбылық және моноклиндік пироксендер**. **Моноклиндік пироксендер** – энстатит, гиперстен; **моноклиндік: кальцийліктер** – диопсид, геденбергит, авгит; **сілтілілер** – эгирин, сподумен, жадеит.

2) **Қос тізбек – таспа силикаттар және алюмосиликаттарда** екі оңашаланған тізбек қосарланған, катиондар осы таспалар арасында орналасады, радикалы $[Si_4O_{11}]^{6-}$, амфиболдарға тән. Мысалы, тремолит $Ca_2Mg_5 [Si_4O_{11}]_2(OH)_2$ (7-сурет).



7-сурет. Үздіксіз тізбек кремний-оттекті тетраэдрлердің түрлері (екі түрлі бейнелеуінде – А және Б)

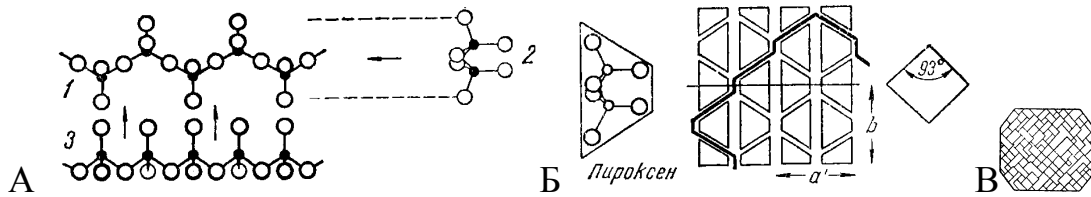
Үздіксіз тізбек кремний-оттекті тетраэдрлер: (А-Б) – а) жеке тізбек, б) қос тізбек – таспалар. Суретте (Б) тетраэдрлердің төбелері жуандатылған

Таспа (қос тізбек) силикаттар, анионды радикалы $[Si_4O_{11}]^{6-}$, қосымша аниондармен $(OH)^{-1}$, F^{-1} ; амфиболдар тобының: сингониясы моноклиндік, біз қарастыратын минералдар: тремолит, актинолит, горнбленд (мүйіз алдамшы), сілтілі глаукофан (родусит).

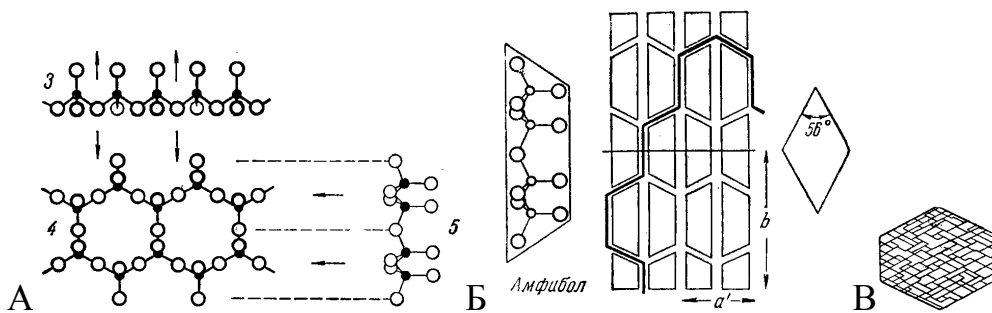
Пироксендер мен амфиболдар негізгі таужыныстар құрастырушы минералдар болып келеді. Олар таужыныстарда түсті минералдар есебінде рөл атқарады. Бұл минералдардың физикалық қасиеттері олардың ішкі құрылымымен тікелей байланысты. Бұл құрылымда, бір бағытта (*c* осі бойынша) орналасқан анионды кешендер – кремний-оттекті тетраэдрлер, бір-бірімен үздіксіз байланысады (8,9-суреттер).

Үздіксіз байланыстың келесі ерекше қасиеттері бар:

1) кристалдық индивидтері бір бағытта ұзартылған, кремний оттекті тетраэдрлер арасында байланыс күшті, ал катиондардың бір-бірімен байланысы сәлдеу, сондықтан, кристалды *c* осі бойынша айыру жеңіл болады, ал тізбектерінде айыру қиынға соғады;



8-сурет. Пироксен тізбектерінің үш проекциясы (А – 1, 2, 3), кристалдық құрылымдары проекцияларының схемалық бейнеленуі (Б) және кристалдың көлденең қимасындағы екі бағыттағы жымдастық іздері (В)



9-сурет. Амфибол тізбектерінің үш проекциясы (А – 4, 5 және 3) кристалдық құрылымдар проекцияларының схемалық бейнеленуі (Б) және кристалдың көлденең қимасындағы екі бағыттағы жымдастық іздері (В)

2) ұзартылған призма жақтары бойынша жымдастықтары жетілген;

3) меншікті салмақтары және қаттылықтары оливин тобының минералдарынан төмен.

Пироксендер мен амфиболдар ұқсас белгілермен қатар бір-бірімен кейбір ерекшеліктерімен маңызды айырмашылығы көп. Соның ішіндегі ең негізгілерін атайық:

- Рентгенометриялық зерттеулерге сүйенсек, пироксендердің кристалдық құрылымдарында анионды радикалдары қарапайым жекеленген кремний оттекті тетраэдрлердің тізбектерімен, ал амфиболдардың – қосарланған тізбектерімен құрастырылған деп саналады.

- Тізбектердің ұзартылуына параллель орналасқан призмалық жымдастықтың бұрышы пироксендерде 87° – 93° , ал амфиболдарда 56° (8–9-суреттер).

- Көлденең қимада пироксеннің кристалдары псевдотетрагондық, ал амфиболда – псевдогексагондық пішінге ие болады.

Амфиболдар конституциясы пироксендермен салыстырғанда күрделілеу келеді, олардың кристалдық торларында $[Si_4O_{11}]^{-6}$ құрамды қос тізбекті кремний-оттекті тетраэдрлер қатысады. Қалған оттекті ионы өзіндік бір валентті $(OH)^{-1}$ анионның құрамына кіреді. Горнблендтің (мүйіз алдамшысының) кристалдық құрылымында кремний-оттекті тізбектерінде Al^{3+} иондардың маңызды бөлімі S^{4+} иондарын ауыстырады, сондықтан горнбленд алюмосиликат болады.

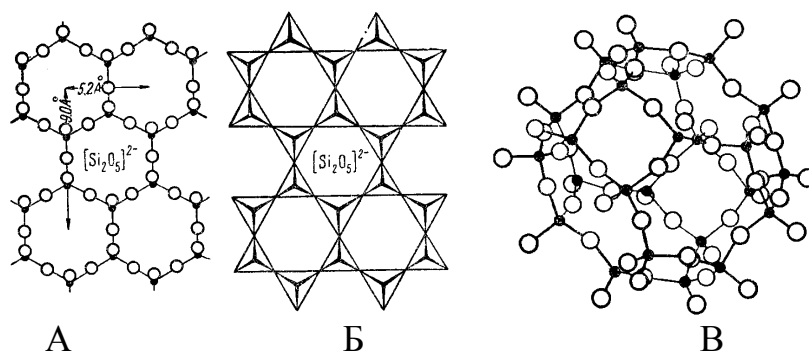
Барлық амфиболдар физикалық және химиялық қасиеттерімен бір-бірімен ұқсас келеді. Құрамына гидроксил, фтор және хлор кіруі, олардың кристалл түзуі магмалық және метаморфтық таужыныстарында, пироксенге қарағанда, салыстырмалы төменірек температураларда өткенін білдіреді.

Пироксендердің амфиболдармен ауысуы, тағы да олардың кешірек жаратылған түзілімдер екенін білдіреді.

Көптеген амфиболдарға асбест тәрізді агрегаттар тән, жасырын кристалды **нефрит** актинолиттің немесе тремолиттің микрокристалдық түйірлерінен құрастырылған. Горнбленд, тремолит, актинолит – скарндардың негізгі минералдары болады. Соңғы гидротермалық процестерде амфиболдар биотит, хлорит және серпентинмен ауысады. Жер бетінде олар монтмориллонит, нонтронит, галлуазит, карбонаттар, лимонит, опалға айналады.

•Үздіксіз кремний-оттекті тетраэдрлердің қабаттарынан тұратын силикаттар және алюмосиликаттар немесе қабатты (жапырақша) силикаттар және алюмосиликаттар

Қабатты силикаттар және алюмосиликаттардың құрылымында әрбір тетраэдрдің үш төбесі үш тетраэдрдің төбесіне қосылып, гексагондық жазық тор құрайды, ал олардан қабаттар құрастырылады. Қабаттар бір-бірімен байланыспайды, өйткені барлық тетраэдрлердің бос зарядты жоғарғы төбелері болады (10- сурет).



10-сурет. Гексагондық құрылысты кремний-оттекті тетраэдрлердің жапырақшасы (А және Б), қаңқалы алюмосиликаттардың құрылымы (В)

Металл иондары (катиондар) жоғарғы бос зарядтарымен қосылады да осы қабаттардың арасын жалғастырады. Радикалдары $[Si_4O_{10}]^{4-}$ немесе $[(Al,Si)_4O_{10}]^4$, бұл топқа тальк, хризотил-асбест, серпентин, сазды минералдар және слюдалар жатады. Мысалы, тальктің формуласы $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$.

Қабатты силикаттар және алюмосиликаттарға слюда тәрізді минералдар кіреді, олардың құрамында гидроксил OH , сирек емес F^- мен бірге, қабатты кристалдық торлардың құрылысы гексагондық немесе псевдогексагондық. Осылардың минералдарының физикалық қасиеттері кристалдық торларының ерекшеліктеріне тікелей байланысты.

Қабатты силикаттардың құрылымында кремний-оттекті тетраэдрлер, қабаттар бруситтің немесе гиббситтің қабаттарымен бірге екі қабатты (каолинит, серпентин), үш қабатты (тальк) немесе төрт қабатты (хлориттер) бейтарапты қапшаларын құрастырады. Екі қабатты силикаттардың қапшалары бір тетраэдрлік және бір октаэдрлік қабаттарымен құрастырылған, ал екі қабатты қапшаларда Si^{4+} , Al^{3+} -ге ешқашан ауыспайды. Үш қабатты қапшаларда – екі тетраэдрлік және бір октаэдрлік қабаттардың арасында болады. Монтмориллонит минералдар тобында, талькқа қарағанда, қапшалардың арасында су молекулалары болады, су мөлшері өте өзгермелі, осымен саздардың суда көлемі өсуі түсіндіріледі. Осы топтың минералдарына кең изоморфтық ауысуы тән Si^{4+} , Al^{3+} -ге; артық теріс зарядтары қапшалардағы су молекулаларымен және Ca^{2+} , Na^+ , K^+ иондарымен бірге теңеледі. Слюдалар тобының минералдарында қабаттары кремний-оттекті және алюмооттекті тетраэдрлерімен құрастырылған, ал үш қабатты қапшалардың арасында K^+ иондары болады, олар қапшаның артық зарядын теңейді. Гидрослюдаларда K^+ иондарымен бірге қапшалардың арасында оксоний иондары $(H_3O)^+$, су молекуласы және гидраттанған магнийдің иондары $Mg(OH)^+$ болады. Төрт қабатты қапшаларға үш қабатты қапшалармен брусит-гидраргиллит түрлі октаэдрлік қабаттар ауысып туруы тән.

Қабатты силикаттардың басты катиондары Mg , Al , Fe болады, олардың кемдеу рөл атқаратындары Ca және Na . Барлық қабатты силикаттар негізді тұздарға жатады және көп мөлшерде $(OH)^-$ иондарына ие, сонымен қатар басқа қосымша аниондар болады. Кейбіреулерінде кристаллизациялық, қабат аралық және адсорбциялық су болады.

Кейбір қабатты силикаттардың және қабатты алюмосиликаттардың құрылымдары бір-біріне жақын болғандықтан, әртүрлі аралас-қабатты силикаттар пайда болады.

Қабатты құрылымдардың әсерінен осы минералдар тақташа кристалдар, қабыршақты агрегаттар кейде жасырын кристалды агрегаттар түзейді. Оларға төмен қаттылық, жетілген және аса жетілген жымдастықтар тән. Қабаттарының арасындағы байланыстары нашар және арақашықтары үлкен болғандықтан, қабатты силикаттардың көпшілігінде ион алмасу қасиеттері бар болады, соның нәтижесінде су мен басқа полярлық молекулалары бар заттарды өзіне сіңіреді.

Қабатты силикаттар, әсіресе ұсақ қабыршақты агрегаттарда, бір-бірінен қиын ажыратылады. Оларды диагностикалау үшін термикалық зерттеу әдісі, инфрақызыл спектроскопия, электрондық микроскопия және басқа ерекше диагностика әдістері қолданылады.

Қабатты силикаттар аралдық, тізбекті, таспалы және қаңқалы силикаттар және алюмосиликаттардың гидролизденуінен пайда болды. Бұлар гидротермалық өзгерген және экзогендік процестердің таужыныстар минералдары болады. Олар тағы да метасоматиттік және метаморфиттік процестерде түзілген. Гидролиздің нәтижесінде көп аралас-қабатты минералдар пайда болады: тальк-хлориттер, пиррофиллит-хлориттер және т.б. Гидролиздің өзіндік өнімі хлориттер және слюдалар. Содан кейін, гидролиз гидрослюда, монтмориллонит және каолинит, алюминий және кремнезем сулы тотықтар түзілуіне әкеледі. Гидролиз процесінің даму дәрежесі температурамен, ортаның pH көрсеткішімен, су ауыстыру қарқындығымен, катиондардың белсенділігімен анықталады. Температура жоғары болғанында, Mg^{2+} және Al^{3+} белсенділігі жоғары болса, хлориттер, ал K^+ белсенділігі жоғары болса – мусковит (әсіресе, қаңқалы алюмосиликаттарымен) пайда болады. Температурасы төмендеу және Mg^{2+} , Al^{3+} , Ca^{2+} , Na^+ белсенділігі жоғары болса, аралас қабатты хлорит-сметтиттер түзіледі, ал олар температура одан да төмендесе, сметтиттермен ауысады. **Сметтиттер** – монтмориллонит тобындағы (монтмориллонит, бейделлит, нонтронит және т.б.) минерал болады. «Сметтит» – монтмориллонит атының ағылшын синонимі. K^+ белсенділігі жоғарыласа, иллиттер пайда болады, содан кейін иллит-сметтиттер және сметтиттер. **Иллит** – ол гидромусковит және басқа гидрослюда қоспасы. Mg^{2+} белсенділігі жоғары болған жағдайда вермикулит түзіледі, ол содан кейін аралас-қабатты вермикулит-сметтитпен және сметтитпен ауысады. Су ауысуы жеткілікті болса, сметтиттер кандиттерге өтеді. **Кандиттер** – каолинит тобының (каолинит, галлуазит, диккит) минералдары. Гидролиздің

шеткі өнімдерінен басқа аралық қоспалары көп болады. Сол кезде бастапқы минералдардан күрделі өте майда қабатты силикаттар және алюмосиликаттар пайда болады. Мұндай қоспаларда кремнезем, *Al*, *Fe*, *Mn* сулы тотықтарының, *Fe*, *Mn* тотықтарының минералдары кейде *Mg*, *Ca*, *Fe* карбонаттары және басқа туынды және қалдықты минералдары пайда болады. Осы түзілімдер жұқа дисперсті, иілгіш, су беретін массалар «**сазды минералдар**» деп аталады. Олар монтмориллонит және каолинит топтарын біріктіреді. Саздар жиі құрамына хлорит, серпентин, гидрослюдадарын кіргізеді, олар нақты алюмосиликаттар болады.

Қабатты силикаттардың және алюмосиликаттардың ішінен біз қарастыратын минералдар: екі қабатты қапшамен – серпентин, каолинит; үш қабатты қапшамен – тальк, слюдалар топшасы – мусковит, лепидолит, биотит; монтмориллонит топшасы – монтмориллонит, нонтронит; төрт қабатты қапшамен – хлориттер.

•Қаңқалы алюмосиликаттар

Қаңқалы алюмосиликаттар – олар алюмооттекті және кремний-оттекті үздіксіз үш өлшемді қаңқасы бар алюмосиликаттар боп саналады. Қаңқалы алюмосиликаттардың құрылымында үздіксіз алюмооттекті және кремний-оттекті тетраэдрлер үш өлшемді қаңқа құрайды (10-сурет). Кремнийдің заряды алюминийдікінен бір зарядқа артық (Si^{4+} , Al^{3+}), сондықтан әрбір алюминий оттектің бір зарядын босатады, теріс заряд ірі катиондарымен компенсацияланады (мысалы, *Na* немесе *K*), олар қаңқаның қуыстарында орналасады, қаңқалы алюмосиликаттардың радикалы жалпы $[Si_{n-x}Al_xO_{2n}]^x$ (кварцтың жағдайындағыдай) болады. Қаңқа тек кремний оттекті тетраэдрлерден тұрса, ол бейтарапты болады, онда оттек зарядтардың барлығы кремниймен байланысуға кететін болады. Осындай қаңқаның радикалы $[SiO_2]^0$ болады, ол кварцтың құрылымына ұқсас, осының арқасында кварцты тотықтарға жатқызбай, қаңқалы силикаттарда қарастыру керек еді, бірақ қаңқалы құрылымда кремний-оттекті тетраэдрлермен қатар алюминий-оттекті тетраэдрлер болады.

Қаңқалы алюмосиликаттар тобы **далашпаттары (фельдшпатиттер) және фельдшпатоидтарға** бөлінеді, **радикалдары $[Si_{n-x}Al_xO_{2n}]^x$.**

Далашпаттар (фельдшпатиттер) тобы. Жер қыртысында силикаттардың ішіндегі ең көп тараған – **далашпаттар**, оның құрамында мөлшері 50,0 %-ды құрайды. Олардың 60,0 %-ы –

магмалық, ал 30,0 %-ы – метаморфтық таужыныстардың (көбінесе, кристалдық тақтатастардың) құрамына кіреді. Қалған 10,0–11,0 %-ы құмтастар мен конгломераттарда кездеседі, олардың ішінде жұмырланған түйірлер боп немесе галькалар құрамында болады. Далашпаттар деген аты қалай пайда болғаны белгісіз, мүмкін «шпаттар» – ол екі бағытта жымдастығы бар минералдар, және олар далада көп кездескеннен болар.

Химиялық құрамы бойынша далашпаттар *Na*, *K* және *Ca* алюмосиликаттары болады: $Na[AlSi_3O_8]$, $K[AlSi_3O_8]$, $Ca[Al_2Si_2O_8]$. Кейде өте аз мөлшерде *Li*, *Rb*, *Cs* изоморфты түрінде сілтілерді ауыстырады, ал *Sr* – *Ca*- ды.

Осы кластың минералдарын сипаттайтын келесі ерекшелігі, олардың изоморфты бинарлы қатарлар құруы болады. Осындай болатындар, мысалға алсақ, келесі қатарлар: $Na[AlSi_3O_8]$ – $Ca[Al_2Si_2O_8]$, $Na[AlSi_3O_8]$ – $K[AlSi_3O_8]$.

Минералдар моноклиндік және триклиндік сингонияларында кристалданады, бірақ олардың морфологиялық қасиеті бойынша бір-бірінен айырмашылығы аз. Рентгенометриялық зерттеулер бойынша барлық далашпаттардың кристалдық құрылымы бір-біріне көп ұқсас келетіндігі дәлелденген. Физикалық қасиеттері де ортақ болады, олардың көпшілігі ашық түсті, қаттылықтары жоғары 5–6,5, жымдастықтары екі бағытта жетілген, олардың қиылысу бұрышы 90^0 -қа жуық, ал тығыздықтары жоғары емес – 2,5–2,7 г/см³. Осы қасиеттері арқылы олар өздеріне ұқсас минералдардан оңай ажыратылады.

Олар көбінесе магманың кристалдануынан жаратылады. Магмалық интрузивтік және эффузивтік таужыныстарды құраушы басты минералдары болады. Ірі кристалдық түйірлер боп олар пегматиттерде кварц, слюдалар, топаз, берилл, турмалин, т.б. кездеседі. Миаролиттік қуыстарда ірі кристалды далашпаттардың друзалары кездеседі. Олар тағы да жапсар-метасоматиттік кенорындарында және гидротермалық желілерде болады. Аймақтық метаморфизм кезінде далашпаттардың түзілуіне жағдай туады. Сонымен, далашпаттарының жаратылуына жоғарғы температура ыңғайлы болатындығы белгіленеді.

Далашпаттары (фельдшпатиттер) құрамы бойынша натрий-кальцийлік (плагиоклаздар) және калий-натрийлік (калишпаттар) далашпаттар тобына бөлінеді.

Натрий-кальцийлік далашпаттары – плагиоклаздар тобы. Плагиоклаздар деп құрамы ауыспалы, үздіксіз изоморфизм қатарын айтады. Бұл топтың шеткі мүшелері альбит $Na[AlSi_3O_8]$ – және анортит – $Ca[Al_2Si_2O_8]$. Бұл компоненттердің бір-бірімен ауысуы толық, Na^+ және Si^{4+} – Ca^{2+} және Al^{3+} ауысады.

«Плагиоклаз» жымдастығымен байланысты, грек тілінен «қисық сынғыш» деп аударылады. Жымдастығының ара бұрышы тіктен төмен және $86^{\circ}24'$ – $86^{\circ}50'$ тең болады. Сингониясы – триклиндік. Плагиоклаздардың құрамы магмалық таужыныстардың жүйелеуінде маңызы зор болғандықтан, Е.С. Федоров оларды жүйелеу үшін, әр плагиоклаздың нөмірін анортиттік молекуласының пайыздық мөлшеріне сәйкес белгілеуді ұсынды (11-кесте).

11-кесте

Е.С. Федоровтың плагиоклаздар тобындағы минералдарды жүйелеуі

Аттары		Плагиоклаздың №, анортит молекуласы- ның мөлшері, %	Құрамы
1. Альбит $Na[AlSi_3O_8]$	Үздіксіз изоморфизм қатары	0-10	қышқыл
2. Олигоклаз		10-30	
3. Андезин		30-50	орта
4. Лабрадор		50-70	негізді
5. Битовнит		70-90	
6. Анортит $Ca[Al_2Si_2O_8]$.		90-100	

Плагиоклаздың нөмірі оның химиялық құрамын сипаттайды. Мысалы, плагиоклаз № 30 андезин болады, оның 30,0 % анортит, ал 70,0 % альбит құрамды. Альбиттен анортитке қарай кремний қышқылы құрамында азаятын болғандықтан (альбитте – 68,81 %, ал анортитте – 43,28 %-ға дейін), № 0-№ 30 плагиоклаздары қышқыл деп аталады, № 30-№ 50 – орта және № 50-№ 100 – негізді. Қышқыл плагиоклаздар ең көп тараған плагиоклаздар болады, олар қышқыл магмалық таужыныстарды құрайды.

Жақсы құрастырылған кристалдар өте сирек кездеседі. Плагиоклаздар түйірлері тақташа және тақташа-призмалық пішінді, таужыныстарда сеппелер, түйірлі агрегаттар, кейде друзаларды (альбит – клевеландит) құрайды. Оларда қарапайым егіздіктер сирек болады, ал күрделі полисинтетикалық егіздіктер кең тараған. Тез

суыған эффузивтік таужыныстарда кристалдық-белдемді құрылысы сирек емес. Олардың ядросы мен ортасы негізді плагиоклаздармен құрастырылған, ал шеттері – қышқылдауларымен. Сыртқы қасиеттерімен альбитті және лабрадорды, кейде олигоклазды анықтауға болады.

Альбит-клевеландиттің пластинкалы агрегаттары миаролиттік қуыстарда друза құрайды. Түгел плагиоклаздардан тұратын түйірлі-кристалды таужыныстар кездеседі. Мысалы, магмалық анортозиттер және лабрадориттер; қант тәрізді альбитті таужыныс, ол метасоматиттік жолмен пегматиттерде пайда болады.

Түстері ақ, сұрша-ақ, кейде жасылдау, көкшіл немесе қызылдау реңкті, олар құрамындағы әртүрлі қоспаларымен байланысты. Плагиоклаз қатарындағы минералдардың қасиеттері өзгеріңкі өсіп тұрады: тығыздығы альбитте 2,61, анортитте өседі – 2,76, балқу температурасы – альбиттердің 1100^0 – 1250^0 , анортиттердің 1500^0 – 1550^0 . Қаттылығы 6–6,5, жылтырлықтары шыныша, жымдастықтары (001) және (010) қималарында жетілген. Олигоклазға көгілдір, ал лабрадорға көк иризация тән. Диагностикасы оптикалық әдіспен ғана тура болады.

Калий-натрийлік (калишпаттар) тобы

Калишпаттар алдыңғы топтың минералдарынан күрделі болады және олар нашарлау зерттелген. Сингониялары моноклиндік және триклиндік болады. Келесі маңызды мәлімет ол K^{1+} мен Na^{1+} ион радиустарының бір-бірінен айырмашылығы көп, сондай-ақ 1,33 Å және 0,98 Å сәйкес. Температура түскен кезде олар ажырап, пертиттер құрайды, олар заңды орналасқан қатты сұйықтардың ажырау өнімдері болады.

Фельдшпатоидтар тобы

Бастапқы балқыманың құрамындағы кремний-оттектің мөлшері далашпаттарды (фельдшпатиттерді) құрауға жетпеген кезде, пайда болатын минералдар фельдшпатоидтар деп аталады. Мысалы, калийлік далашпаттың – $K[AlSi_3O_8]$ орнына лейцит пайда болады – $K[AlSi_2O_6]$, калийлік далашпатына қарағанда оның құрамында SiO_2 бір молекулаға аз, ал альбиттің – $Na[AlSi_3O_8]$ орнына нефелин – $Na[AlSiO_4]$, онда сілтілі металдың әр атомына тек қана SiO_2 -нің бір молекуласы келеді, ал альбитте бір натриге 3 SiO_2 келеді.

Нефелин мен лейциттен басқа фельдшпатоидтарға, содалит тобының өте сирек минералдары жатады: содалит, нозеан мен гаюин,

және канкринит, олар сілтілі таужыныстарға тән минерал. Осылармен бірге анальцим сипатталады, ол цеолиттер тобына кіреді, бірақ химизмі, құрылымы және парагенезистері бойынша ол фельдшпатоидтарға жақын тұрады.

Фельдшпатоидтардың ішінде ең көп тараған нефелин, ол көптеген сілтілі таужыныстардың құрамына кіреді: интрузивтік және эффузивтік. Лейцит тек төмен қысым кезде кристалданған таужыныстарда – эффузивтер және сирек гипабиссалдық денелерде тараған.

Силикаттар және алюмосиликаттардың ішкі құрылымы және химиялық құрамы олардың минералдық агрегаттарының морфологиясымен және физикалық қасиеттеріне байланысты. Аралдық силикаттар және қаңқалы алюмосиликаттар кубтық және ромбылық сингониядағы изометриялық түйірлері және кристалдармен сипатталады. Сақиналы және таспалы силикаттар ұзартылған және жұқа талшықты кристалдарымен көрінеді. Қабатты және жапырақша минералдар жалпақ түйірлер және кристалдар түзейді. Силикаттардың көпшілігі түссіз, ақ, сұр, сарылау немесе жасылдау. Силикаттарда түс беруші сәйкес иондар-хромофорлар болады: жасылды – Fe^{2+} ; қоңырқайлы – Fe^{3+} немесе Ti^{4+} ; қызылды – Fe^{3+} , Cr^{3+} ; көкті – Fe^{2+} және Fe^{3+} ; қызғылтты – Mn^{2+} . Мыс силикаттары жарық түске ие – жасыл және көгілдір.

Кейбір силикаттарда түстері құрылымының дефектілерімен (анартастар) немесе құрылымында электронды-тесікті орталары бар болғанымен (берилл) байланысты. Аралдық силикаттардың құрылымы тығыз қалануға жақын болса, олар үлкенірек тығыздықпен, жоғарғы қаттылықпен айырылады. Керісінше, қаңқалы алюмосиликаттар ең төмен тығыздыққа және төменірек қаттылыққа ие. Ең төменгі қаттылыққа қабатты силикаттар да ие. Қаттылық, ионды байланысы бар алюмосиликаттардан (слюдалардан) ван-дер-ваальстық байланысы бар силикаттарға (хлориттер, тальк, сазды минералдар) дейін, заңды түрде төмендейді. Қабатты силикаттарға жиі аса жетілген жымдастық тән. Бұл кремний оттекті тетраэдрдің атом арасындағы байланыстың өте берік болуымен, ал қабаттар арасында – әлсіздеу болғанымен байланысты. Сонымен осы минералдарды қабат бойынша ажыратуға жеңілірек болады, осы қасиет оның аса жетілген жымдастығын белгілейді.

Генезис (жаратылысы). Силикаттар магмалық, метаморфтық, метасоматиттік, шөгіндік таужыныстар құраушы минералдары болады. Қабатты силикаттар (талық, серпентин, хлориттер) – гидротермалық-метасоматитті өзгерген (метасоматиттік) таужыныстардың әдеттегі минералдары, олар бұл жағдайда аралдық және қаңқалы минералдардың гидролизденуінен пайда болады. Жер бетіндегі жағдайларда қабатты силикаттар және алюмосиликаттар (каолинит, монтмориллонит) пайда болады. Метаморфтық таужыныстарда – тақтатастар және гнейстерде силикаттар кең тараған (анартас, дистен, хлорит және т.б.). Эндогендік силикаттар, әсіресе қаңқалы алюмосиликаттар (далашпаттар), жер бетіндегі жағдайда тез мориды, қабатты силикаттарға және алюмосиликаттарға өтеді, ал содан кейін сәйкес элементтердің тотықтарына және сулы тотықтарына айналады.

Қолданылуы. Силикаттар және алюмосиликаттар барлық кенорындарының минералдық құрамында маңызды рөл атқарады, және тек қана кен минералдардың серіктесі болмайды, олар кейбір жағдайларда құнды металдар сыйыстырғыш болады (*Ni, Zn, Be, Zr, Li, Cs, Ru, U, TR* және т.б.). Силикаттармен құрастырылған бейметалдық пайдалы қазбалар да аз емес. Олардың қатарына, мысалы, асбест – ыстыққа төзімді материалдар шығаруға; каолинит – керамикада; мусковит, флогопит – радио- және электротехникада; далашпаттары – керамикада; анартастар – түрпілі материал ретінде және т.б., силикаттар әртүрлі құрылыс материалдарында қолданылады. Бірқатар силикаттар (зүбәржат, аквамарин, турмалин, топаз, родонит, нефрит, жадеит және т.б.) ежелден асыл тастар және зергерлік тастар ретінде пайдаланылады. Цеолиттер – молекулярлық сүзбелер болады.

Бақылау сұрақтары:

1. Силикаттар топтарының құрылымдық түрлері қандай?
2. Силикаттар және алюмосиликаттардың ерекше физикалық қасиеттері қандай?
3. Силикаттар және алюмосиликаттардың генезисі және минералдардың қолданылуы қандай болады?

3. МИНЕРАЛДАРДЫҢ КЛАСТАР БОЙЫНША ЖАЛПЫ СИПАТТАМАСЫ

Минералдарға жеке сипаттама бергенде олардың аты, химиялық формуласы, физикалық қасиеттері, ерекше диагностикалық белгілері, сингониясы, пішіні, жаратылысы, олардың пайдалану салаларын көрсетеді.

3.1. Сомтума (жеке) элементтер класының минералдары

Металдар тобы (сингониялары кубтық)

Алтын тобына жататын минералдық түрлері – мыс, алтын, күміс және платина тобында тек платинаны сипаттаймыз.

Мыс *Cu*. Әдетте, мыс химиялық таза күйінде кездеседі, кейде қоспа ретінде құрамында *Ag*, *Fe* (2,5 % дейін) болуы мүмкін. Құрамына *Au* (2–3 %) мен *As* (11,6 % дейін) қатты ерітінді ретінде кірсе, біріншісі **алтынды мыс**, екіншісі **витнеит** деп аталады.

Дұрыс пішінді кристалдар сирек кездеседі, олар егіздіктер және дендриттер құрайды. Мыстың түсі – күңгірт-қызыл, сарғылт-қызыл, құлпырмалар жиі кездеседі. Сызық түсі мысты-қызыл жылтыр, минерал металша жылтырайды, қаттылығы 2,5–3, жымдастығы жоқ, тығыздығы 8,5–9,0 г/см³. Жылу- және электрөткізгіштігі өте жоғары.

Гидротермалық, тотығу белдемдерінде және экзогендік жаратылыста кездеседі. Мыс бөлінуі жер бетінде өтетін химиялық мүжілу әрекеттерімен байланысты. Шөгінді таужыныстарда – құмтастарда керіш ретінде, немесе конкреция құрайды. Мыс тотығу белдемдеріндегі минералдармен бірге кездеседі. Шашылымдарда, мысты галькалар кейде малахитпен қапталады.

Мыс валюталық металл болып келеді. Мысты қазіргі заманда ең қажетті элементтердің бірі десек, артық болмас. Мысты машина жасау, электротехника саласы, металлургия және т.б. өнеркәсіп салаларында пайдаланады. Отқа және қышқылға төзімді ыдыс-аяқ өндіруде және медицинада қолданылады. Мыстың қорытпалары қалайымен – қола, мырышпен – жез және никельмен – мельхиор өндіруге мүмкіншілік береді.

Алтын *Au*. Адамзатқа көне заманнан белгілі болған бірінші металдардың қатарында тұрады, аты славян тіліндегі «солнце» деген

сөздің «сол» түбірінен шыққан. Қарастырып жатқан топта табиғатта, ол ең көп тарағаны болады. Алтын химиялық таза күйінде өте сирек кездеседі. Оның құрамына қоспа ретінде күміс (50%-ға дейін кірсе, **лектрум** деп аталады), мыс (20 %-ға дейін кірсе, аты мысты алтын – **купраурид**), темір, шамалы мөлшерде висмут (4 %-ға дейін кірсе, **висмутты алтын – бисмутоаурит**), палладий (5–11 % – **порпецит**) және сурьма, сынап кіреді.

Алтынның түстері әрқилы: алтындай-сары, жарық-сары, ашық-сары. Сызығының түсі – сары, жылтырлығы металша. Жымдастығы жетілмеген, қаттылығы 2,5–3, тығыздығы 15,6–8,3 (таза алтынның тығыздығы 19,3) г/см³. Жылу мен электр тогын өте жақсы өткізеді. Балқу температурасы 1061 °С. Майысқақ, тапталғыш және созылғыш, 1 гр алтыннан 5 км сым созады немесе оны 27 м² пластинкаға жайып, таптап тегістеуге болады.

Өндірістік кенорындарын құрайтын алтынның (түпкі кендері) генезисі гидротермалық, ол кварц желілерімен байланысты. Алтын өзен арнасында экзогендік құммен араласып, құнды шашылымдар құрастырады. Гидротермалық желілерде: кварц, сульфидтер (пирит, арсенопирит, пирротин, халькопирит, галенит және күңгірт кендер) пайда болады.

Метаморфтық процестерде тұрақты, метаморфталған құмтастарда алтынның ассоциациясы белгілі: халькопирит, пирротин, пирит және хлоритпен бірге кездеседі. Шашылымдарда кварц, магнетит, касситерит, платинамен парагенетикалық ассоциациялары белгілі.

Алтын негізгі валюталық металл. Сонымен қатар, ол әртүрлі зергерлік, әшекейлік, көркемдік бұйымдарда пайдаланылады және медицинада тіс салу ісінде қолданылады. Әлемде 1 жылда 1000 т алтын өндіріледі. Алтынның құрамы өндірістік кенорындарында 4-5 г/т-дан, ал шашылымдарда 0,1 г/т-дан төмен болмауы керек.

Күміс Ag. Аты славян тіліндегі «серебро» – «серп» (айдын орағы) деген сөзден пайда болған. Күміс химиялық таза күйінде алтын мен мыстан сирек кездеседі. Таза күмістен басқа түрлестері белгілі: **кюстелит**, алтынның изоморфты қоспасы 10 %-дан жоғары болуы мүмкін; **мысты күміс** – құрамында мыс оннан бір пайыздай; **висмутты күмісте (чиленит) Bi 5 %**); **сурьмалық күмісте – Sb 11 %**; құрамында сынап бар күміс **консбергит (Hg 5 %)**, **аркверит (Hg 13 %)** және **бордозит (Hg 30,7 %)** деп аталады. Ол әдетте тағы қорғасын

қоспаларымен аралас келеді. Күмістің түсі күмістей ақ, тотығу салдарынан минералдың сырты қараяды. Күмістің жылтырлығы металша, жымдастығы жоқ, қаттылығы 2,5, тығыздығы 10,1–11,1 г/см³. Балқу температурасы 960⁰С.

Күмістің тегі гидротермалық және экзогендік.

Гидротермалы желілерде пирит, галенит, күңгірт кен, кварц, барит, аргентит, кобальтин, никелин, арсенопирит және кальциттермен кездеседі.

Күмісті химиялық және ас ыдыстарын, зергерлік бұйымдар жасауға, сонымен бірге электрондық өнеркәсіпте, фотографияда қолданады. Күміс пен мыс қорытпалары күміс бұйымдар, тиын шығаруда пайдаланылады.

Платина Pt. Аты испан тіліндегі «платина» – «күміс» деген сөздің кішірейту мағынасынан шыққан. Практикалық таза күйінде кездеспейді. Темір, палладий, иридий, осмий және т.б. изоморфты қоспалары болады. **Түрлестері:** поликсен (темірі 9–11 %), палладийлік платина (палладийі 7-40 %), иридийлік платина (иридийі 6-7 %) және т.б.

Платинаның жақсы кристалдары өте сирек кездеседі. Түйірлері дұрыс емес пішінді, желішектер және сирек дендриттер құрастырады. Таужыныстарында ұсақ сеппелер, шашылымдарда домаланған және жұмырланған пішіндер береді. Сомтумалары 9 кг дейін кездескен. Минералдардың түсі күмістей-ақтан, құрышты-сұрға дейін, жылтырлығы металша, тапталғыш. Минералдардың жымдастығы жоқ, созымдылығы жоғары. Қаттылығы 4–4,5 (Ag-нан жоғары), тығыздығы өте үлкен 15–19 г/см³.

Платина магмалық процесте пайда болады және өзінің химиялық қасиетіне, жоғары дәрежелі тығыздығына байланысты шашылымдарда құммен аралас жиналады. Магмалық тегті платина аса негізді таужыныстармен байланысты.

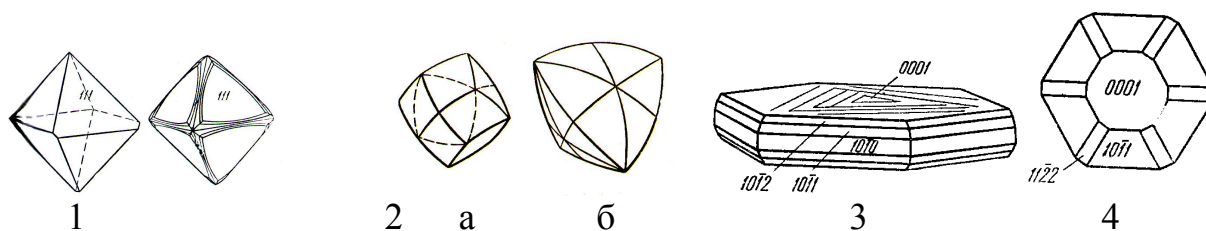
Магмалық таужыныстарда оливин, серпентин, хромит және магнетитпен кездеседі.

Валюталық металл болады, зергерлік істе, сонымен қатар химиялық, отқа және қышқылға төзімді ыдыс-аяқ жасауда, электротехника және медицинада қолданылады.

Бейметалдар тобы

Дүниедегі ең қатты зат (алмас) және ең жұмсақ органикалық нәзік зат (графит) сол көміртегінен тұрады.

Алмас С. Алмастың аты оның қаттылығына қарай, физикалық және химиялық әрекеттерге төзілімділігіне байланысты, грек тіліндегі «адамас» – «ешкім қарсы тұрмас» деген мағынадан шыққан. Кейде құрамында аз мөлшерде азот және бордың қоспалары болады. Октаэдр, сирегірек додекаэдр, сирек куб және тетраэдр пішіндес қырланған кристалдар құрастырады (11-сурет). Кристалдар жиі домаланған. Түрлестері: **борт** – өте майда ақшыл агрегаттар және біріккен кристалдар, қырландыруға келмейді. **Баллас** – шеңбер тәрізді борт, радиалды-сәулелі құрылымы бар өте майда агрегаттар. **Карбонадо** – кеуекті қара түсті жасырын кристалды, графиттің және басқа минералдардың көп мөлшерлі қоспалары бар, тығыз және көзге көрінетін жымдастығы жоқ. Кристалдардың өлшемдері өте ұсақ. Сирек ең ірілері 5-10 каратқа дейін болады (1 карат – 200 мг). Жүз және мың каратты кристалдар өте сирек кездеседі: алмас «Кулинан» – 3025; «Орлов» – 199,6 карат.



11-сурет. Алмас және графит кристалдарының пішіні

Алмас кристалдардың пішіндері: октаэдрлік (1), ромбододекаэдрлік (2, а), тетраэдрлік (2, б); графиттің алты бұрышты пластинкалары (3-4)

Түсі – түссіз немесе жасыл, ысталған, қара (карбонадо), көкшіл, көк, сарғыш және қоңыр, жылтырлығы алмасша, қаттылығы 10, мортты келеді, жымдастығы (111) бағытта, октаэдр бойынша жетілген, тығыздығы $3,47-3,56 \text{ г/см}^3$.

Алмастың түпкі кенорындары аса негізді сілтілі магмалық таужыныстарымен, яғни кимберлиттер және лампроиттермен байланысты. Метеориттер, импактиттер, гнейстерде кездеседі. Жер бетінде шашылымдарда алмас, құрамында алмас бар таужыныстардың мору қабаттарынан пайда болады.

Пироп, ильменит, оливин, флогопит, серпентин және хромитпен кездеседі.

Өте мөлдір алмастар асыл тастар ретінде, зергерлік істе гаухарлар жасауға пайдаланылады. Алмастың ұсақ түрлері техника саласында қолданылады. Металл және тас өңдеу жұмыстарында, түрпілі

материал ретінде техникалық алмастың борт, баллас, карбонадо түрлері пайдаланылады.

Графит С. Минералдың аты гректің «графо» – «жазамын» деген сөзінен шыққан. Түрлестері: **графитит** – жасырын кристалды, **шунгит** – аморфты, ол көмірлердің табиғи кокстануынан пайда болған. Таза түрінде болмайды, жиі күл (10-20 % дейін) кіреді, оның құрамында неше түрлі компоненттер (SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MgO , CaO , P_2O_5 , CuO және т.б.), кейде су, битумдар және газдар (2 %-ға дейін) болады.

Сингониясы гексагондық, жақсы құрастырылған кристалдар өте сирек кездеседі, олардың түрі алты бұрышты пластинкалы және тақташа болады (11-сурет). Түсі темірдей қарадан, құрышты-сұрға дейін, сызық ізінің де түсі қара, жылтыр. Минерал металша жылтырлайды, қаттылығы 1, тығыздығы 2,09–2,23 г/см³, күшті электрөткізгіш.

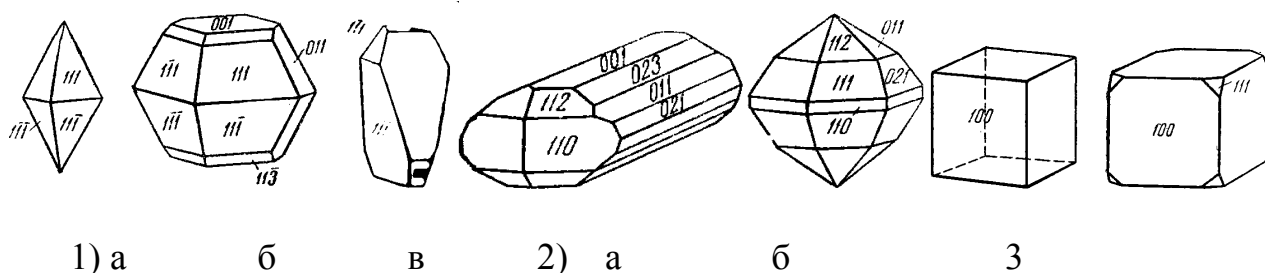
Графиттің тегі магмалық (пегматиттерде), пневматолитті (кварцты және пегматитті желілерде) және метаморфты (кристалдық тақтатастар, гнейстар және мәрмәрларда). Метеориттердің аксессуарлық минералы болады.

Парагенетикалық ассоциациясы: кварц, далашпаттар, мусковит, көмірлер мен битумдар және т.б.

Графиттің пайдалану өрісі өте кең. Ол арнайы ыдыстар, химиялық тигельдер, электродтар, қарындаш грифельдері, электротехника және резеңке, бояу өндірістерінде, механизмдердің үйкеліс бөліктер аралығын майлау және т.б. кеңінен қолданылады.

Күкірт S. Күкірттің жанартаулық жаратылысы бар түріне селен, күшәла, теллур изоморфты қоспалары тән.

Түсі әртүрлі реңкті сары: сабандай-сары, балдай-сары, сарғыш-сұр, қоңырқай және қара (көміртегінің қоспаларынан). Сызық түсі болмастай, ұнтағы әлсіз сары. Минерал жақтарында алмасша, жарылымдарда майдай жылтырлайды. Сингониясы ромбылық, кристалдары дипирамидалық, қиылған дипирамидалық және сфеноэдрлік болады (12-сурет). Қаттылығы 1–2, минерал мортты боп келеді, тығыздығы 2,05–2,08 г/см³.



12-сурет. Минералдардың кристалдар пішіндері

1) күкіртің кристалдары: а – дипирамидалық, б – қиылған дипирамидалық, в – сфеноэдрлік; 2) халькозиннің кристалдары: а – призмалық, б – гексагондық; 3) галениттің кубтық кристалдары

Күкірт шөгінді таужыныстары арасында тарайды. Электр және жылуөткізгіштігі нашар (жақсы изолятор). Жанартаулық жаратылысты күкірт газдармен, биогенді-шөгіндік және битумдық таужыныстарымен байланысты, сонымен бірге гипс құрамды қабаттарда және сульфидті кенорындардың тотыққан белдемдерінде пайда болады.

Жанартаулық күкірт реальгар, аурипигмент, гематит, гипс және цеолиттермен кездеседі. Биогендік-шөгінді күкірт – гипс, ангидрит, арагонит, кальцитпен бірге болады.

Күкірт қышқылын дайындау өндірісінде, сіріңке, бояулар, резеңке, желім, қағаз, тері өңдеу өнеркәсіптерінде, ауыл шаруашылығында (зиянкестермен күресуге) пайдаланылады.

3.2. Сульфидтер класының минералдары

Жай сульфидтер тобы: халькозин Cu_2S , галенит PbS , сфалерит ZnS , пирротин FeS , пентландит $(FeNi_9)S_8$, аурипигмент As_2S_3 , молибденит MoS_2 , реальгар As_2S_4 , антимонит Sb_2S_3 .

Халькозин Cu_2S – «мысты жылтырлық», химиялық құрамы Cu 79,8 %, S 20,2 %. Сингониясы ромбылық, кристалдары призмалық және гексагондық (12-сурет). Түсі қорғасынша-сұрдан қараға дейін, сызығы қара-сұр, жылтырлығы металша, қаттылығы төмен 2,5–3,0, жымдастығы жетілмеген, тығыздығы 5,5–5,8 г/см³, тапталғыш – пышақпен тырнағанда анық жылтыр із қалады. Әдетте, ол тұтас майда түйірлік агрегаттар құрастырады немесе борнит, халькопирит, сирек сфалерит, галенит, ковеллин, пирит, т.б. бойынша псевдоморфоза сеппілдерін құрайды. Электрөткізгіш қасиеті жақсы.

Табиғи эндогендік (гидротермалық мысты сульфидтік кенорындарында) және экзогендік (сульфидтік кенорындардың гипергендік белдемдерінде) жаратылыс тән, бірақ жаратылу температурасы ылғи да төмен.

Парагенетикалық ассоциациясы: борнит пен халькопирит, ковеллин, пирит, сфалерит және т.б. сульфидтер.

Мыстың ең бағалы кені болып табылады, халькозиннің кенінде мыстың құрамы 80 %-ға жуық болады, ал мыстың ең төмен өндірістік құрамы 1-1,5 % деп саналады.

Галенит PbS – «қорғасынды жылтырлық», аты қорғасын кенінің латынша «галена» атынан шыққан. Химиялық құрамы Pb 86,6 %, S 13,4%. **Түрлестері: свинчак** (ұсақ түйіршекті тығыз түрлестері), **селендік галенит** (селен 0,5-тен 1,2 %-ға дейін).

Сингониясы кубтық, кристалдардың габитусы ылғида кубтық – қуыстарда друзалық, ұсақтан ірі түйіршіктіге дейін тұтас агрегаттар құрайды. Кристалдардың келбеттері кубтық, сирек октаэдр жақтарымен комбинацияда кездеседі (12-сурет). Түсі қорғасынша-сұр, сызығы кара-сұр, жылтырлығы күшті металша, жымдастығы жетілген, қаттылығы 2,5, тығыздығы 7,4–7,6 г/см³. Электрөткізгіштігі нашар дамыған.

Галенит ең көп тараған гидротермалық сульфид болады, генезисі тағы метасоматиттік – скарндық және биогендік болады. Биогендік жаратылысында, битумдалған карбонатты таужыныстарда сеппелер құрайды. Тотыққан белдемдерде галенит, сыртынан англезит ($PbSO_4$), және церрусит ($PbCO_3$) қабаттарымен қапталады. Тотығудың арқасында бұл жерлерде тағы да бірқатар қиын еритін оттек қоспалары пайда болады: фосфаттар, арсенаттар, ванадаттар, молибдаттар және т.б.

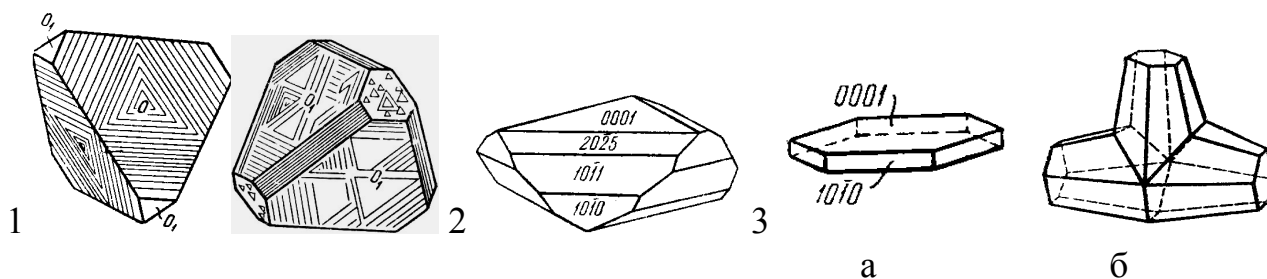
Жиі сфалерит, халькопирит, пиритпен (полиметалдық кендерде) парагенетикалық ассоциация құрайды. Гидротермалық кенорындардың полиметалдық кендерінде, ол сфалеритпен, мыстың және күмістің сульфидтерімен бірге кездеседі. Пирит, пирротин, кварц, кальцит бірге болады.

Галенит ең маңызды қорғасынның кені болып табылады, қосымша күміс, висмут кейде селен серіктестерін бірге өнімдейді. Галениттік кендердің көп емес бөлігі **глетқа PbO** айналады, оларды қорғасынды препараттар жасауға қолданады, олардан әдетте бояулар (ақ бояу, сурик, крона және т.б.) және глазурь өндіреді. Галениттің

кендерінде қорғасынның құрамы 5–6 %, кендерді кешенді пайдаланғанда ол 2-3 %-ға дейін түседі.

Сфалерит ZnS – «мырышты жылтырлық», аты «сфалерос» деген грек сөзінен шыққан, «алдаушы» деген мағына береді, мүмкін оны сыртқы пішіні арқылы диагностикалауы қиын болғандығымен байланысты берген шығар. Химиялық құрамы Zn 67,1%, S 32,9 %, әдетте құрамына көптеген изоморфтық қоспалар кіреді: Te (20 %-ға дейін), Cd (2,5 %-ға дейін), In (2,5 %-ға дейін), Ga , Ge . **Түрлестері:** темірлі қара түсті **марматит**, түссіз немесе ақшыл-сары **клеюфан**, кадмий мен (Cd 5%-ға дейін) бай сфалерит **пришбрамит** – $(Zn,Cd)S$ деп аталады.

Сингониясы кубтық, сфалерит жиі жақсы құралған кристалдар түрінде друзалық қуыстарда кездеседі. Кристалдардың пішіндері әдетте тетраэдрлік, сирек ромбододекаэдрлік габитустарында кездеседі (13-сурет). Тұтас түйірлі, сирек тығыз және жасырын кристалды агрегаттар құрайды. Түсі, құрамындағы темірдің мөлшеріне байланысты, көбінесе сары – қоңырдан қараға дейін. Ашық түсті түрлері мөлдір болады. Сызық түсі түссізден қоңырлауға дейін. Жылтырлығы күшті алмасша, жымдастығы жетілген, қаттылығы 3,5–4,0, тығыздығы 3,5–4,2 г/см³, мортты болып келеді. Электрөткізгіштігі дамымаған.



13-сурет. Сульфидтердің кристалдар пішіндері

- 1) сфалериттің тетраэдрлік кристалы; 2) киноварьдың кристалы;
3) пиротиннің кристалы: а – тақташа, б – пирамидалық егіздігі

Жаратылыстары: гидротермалық, жанартаулық және биогендік. Жер бетінде тез тотығып мырыштың туынды минералы смитсонитке ($Zn[CO_3]$) айналады және т.б.

Гидротермалық жаратылыста галенит, пирит, халькопирит және т.б. минералдармен бірге кездеседі.

Мырыштың басты кені болады, қосымша кадмий, индий, галий, германий және т.б. сирек металдар өндіріледі. Темірді мырыштауда,

ақ бояуды шығаруға пайдаланады. Өндірістік кенде ең төмен мырыштың құрамы 7–8 % болады.

Киноварь HgS – циннабарит, «снапты алдамшысы», аты араб тіліндегі «кинобари» – «айдахар қаны» деген сөзден шыққан. Химиялық құрамы: Hg 86,2 %, S 13,8 %. Әдетте, селен (1 %-ға дейін), күшәла, мыс, теллур қоспалары бар. Сингониясы тригондық, кристалдары ұсақ, қалың-тақталы және ромбоэдрлік (13-сурет). Агрегаттары ірі түйірліктен өте майда түйірлікке дейін, сеппелер, ұнтақты жағылымдар және ұшпалар құрайды. Түсі жарық кара-қызыл, жиі, біркелкі емес, сызығы жарық-қызыл, үстіңгі жағы уақыт өткелі қараяды. Жылтырлығы алмасша кейде металл тәрізді, қаттылығы 2–2,5, мортты, жымдастығы жетілген, тығыздығы 8,09–8,20 г/см³. Электртогын өткізбейді. Киноварьды жиі антимонит, барит, флюорит, кварц және кальцитпен ассоциацияларында анықтауға болады. Минерал шала мөлдір, химиялық тұрақты («патша арағында» ериді). **Түрлестері:** жасырын кристалды массалар – «бүйіректік сынапты кендер», органикалық және жер тәрізді қоспаларымен.

Генезисі төмен температуралы гидротермалық, экзогендік шашылымдарда болады.

Гидротермалық киноварь кендік минералдар антимонит, пирит, сирек арсенопирит, реальгар, кейде сфалерит, халькопирит және т.б. бірге кездеседі. Бейметалды серіктес минералдар: кварц, кальцит, сирек емес флюорит, барит, кейде гипс, каолинит, накрит және т.б.

Сынап өндіретін минералдардың қатарында бірінші орынға ие, сынап алтын кендерін шығаруда, алтынды амальгамациялауда пайдаланылады, жарылыс заттарды – детонаторларды және физикалық аспаптарды жасауға қолданылады.

Пирротин $Fe_{1-x}S$ – «магнитті колчедан», жиі Fe_6S_7 -ден $Fe_{11}S_{12}$ дейін, әдетте формуласы FeS деп белгіленеді. Аты «пиррос» деген грек сөзінен шыққан, ол «от түстес» деген ұғым береді. Химиялық құрамында S өзгеріңкі келеді: 36,4 %-дан 39,0–40,0 %-ға дейін, ал Cu , Ni , Co қоспалары аз мөлшерде болады, сирек Mn , Zn бар.

Сингониясы гексагондық, кристалдары сирек кездеседі, тақташа және пирамидалық (13-сурет). Жиі, ол тұтас ұсақ түйіршекті агрегаттар және сеппелер түрінде болады. Түсі қоладай-сары, сызығы сұрша-қара, қоңырқай құлпырмасы бар, жылтырлығы металша, қаттылығы 4,0, мортты, тығыздығы 4,58–4,70 г/см³, жымдастығы жоқ, магниттік қасиет тән. Электртогын жақсы өткізеді.

Негізді магмалық таужыныстармен (габбро-диабаздар, нориттер) байланысты, метасоматиттік – скарндық полиметалдық кендерде түзіледі, гидротермалық желілерде, жанартаулық түзілімдерде, шөгінді таужыныстарда да кездеседі. Мору процестерінде пирротин тотығу белдемдерінде оңай бұзылады, түбінде лимонитке, марказитке айналады.

Магмалық мысты-никельді кендерде пентландит халькопиритпен бірге ассоциация құрайды. Метасоматиттік скарндарда халькопирит, пирит, магнетит, қара сфалерит (марматит), арсенопирит, касситерит, шеелит, кальцит, эпидот, кварц және басқаларымен парагенезисте кездеседі. Гидротермалық желілерде – сфалерит, галенит, халькопирит, касситерит, арсенопирит, темірлі хлориттер, карбонаттармен және т.б. кездеседі. Шөгінді таужыныстарда сидерит және фосфатты минералдармен болады.

Күкірт қышқылын өндіруге пириттен кейін пайдаланылатын тағы бір минерал боп келеді.

Пентландит $(Fe,Ni)_9S_8$ – «темірлі-никельді колчедан», аты оны бірінші көрген Дж. Б. Пентланд деген адамның тегінен шыққан. Химиялық құрамы тұрақсыз, *Fe* мен *Ni* арасындағы қатынасы, әдетте 1 : 1, *S* 32,0-дан 37,0 %-ға дейін. Әдетте, *Ni* құрамында *Co* 0,4–1,6 % изоморфты қоспалары болады.

Сингониясы кубтық, кристалдар көбінесе түзбейді, жер тәрізді агрегаттар, немесе ұсақ изометриялық түйірлер құрайды, сирек пирротин бойынша ірі кристалды сеппелер береді. Түсі жарық қоладай-сары, пирротиннен ашықтау, сызық түсі жасылдау-сары, қаттылығы 3,0–4,0, мортты, тығыздығы 4,5–5,0 г/см³. Электртогын жақсы өткізеді, магнитті емес.

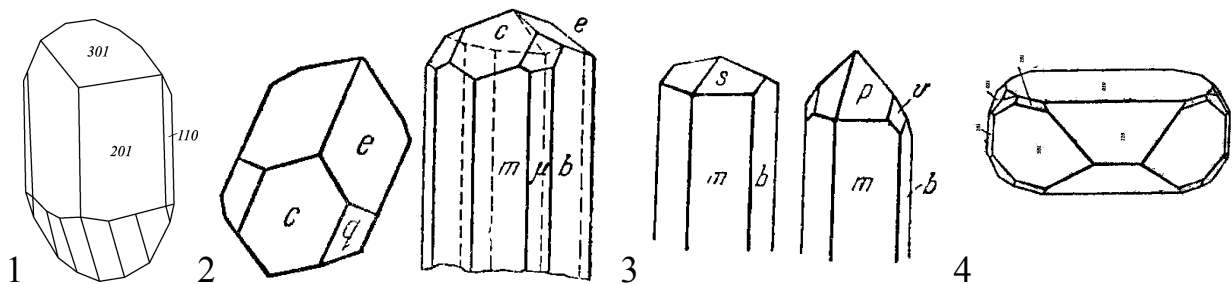
Магмалық ультрамафиттік (перидотиттер) және негізді (габбро-нориттер) таужыныстармен байланысты. Гидротермалық жағдайларда пирротинмен ауысады, жер бетінде тез тотығады.

Пирротин, халькопиритпен бірге кездеседі.

Никель өндіретін басты минерал, бірге мыс, күміс, алтын, платиноидтар шығарады. Никель құрыштың құрамына кіреді, және қорытпаларда қоспа ретінде қолданады, олардан мельхиор, жез, қола және тиын шығарады.

Аурипигмент As_2S_3 – «сары күшәла алдамшысы», сингониясы моноклиндік, аты латын тілінен «аурум» – «алтын» және «пигментум» – «бояу» деп аударылады. Химиялық құрамы: *As* 61 %, *S* 39 %.

ал S 39 %. Кейде 3 %-ға дейін Sb -нің изоморфты қоспасы бар. Қадалы, ұзын призмалық тығыз орналасқан кристалдық агрегаттар, кейде бүйрек тәрізді, домалақ агрегаттар құрастырады, олардың құрылысы жиі радиалды-сәулелі болады, жер тәрізді, қабыршақтар және жағылымдар боп келеді. Кристалдардың келбеті призмалық, сирек емес жақтары қисық болады (14-сурет). Түсі жарық лимонды-сары немесе алтындай-сары, сызық түсі де ашық-сары түсті, жылтырлығы алмасшадан, шала металшаға дейін бағыты бойынша өзгереді, ірі кристалдарда жымдастық бойынша меруерт түсті жылтырлық бар, жымдастығы аса жетілген, қаттылығы 1,5–2, тығыздығы $3,4\text{--}3,5 \text{ г/см}^3$, мөлдірлігі шала мөлдірден мөлдірге дейін. Электртогын өткізбейді, 60° -тан жоғары қыздырғанда түсі қызыл болып кетеді, суығанда, қайта өзінің түсін алады.



14-сурет. Аурипигменттің (1), реальгардың (2), антимониттің (3) және висмутиннің (4) призмалық кристалдары

Гидротермалық кенорындарында антимонит, реальгар, марказит, пирит, тағы кварц, кальцит, гипс және т.б. бірге кездеседі. Жанартаулық түзілімдерде сомтума күкірт, хлоридтер және басқа минералдармен түзіледі. Экзогендік тас көмір мен қоңыр темір кендердің минералдарымен кездеседі.

Реальгармен бірге күшәла өндіруіне қолданады. Көркем сурет саласында пайдаланатын сары бояу жасайды.

Реальгар AsS – «қызыл күшәла алдамшысы», араб тілінен «кеніш шаны» деп аударылады. Химиялық құрамы: As 70,1 %, S 22,9 %. Сингониясы моноклиндік, жер тәрізді агрегаттар, жағылымдар, қабықтар, тұтас түйіршекті агрегаттар құрастырады. Қысқа призмалық кристалдар сирек кездеседі (14-сурет). Түсі қызғылт-сары, қара-қызылға дейін, сызығы ашықтау сарғыш-қызыл, жылтырлығы кристалл жақтарында алмасша, жарылымдарында шыныша және

майша, мөлдір, қаттылығы 1,5–2, тығыздығы 3,4–3,6 г/см³, жымдастығы жетілген.

Жаратылысы төмен температуралы гидротермалық, жанартаулық құрғақ булану түзілімдермен кездеседі, жер бетінде тез үгітіліп, ұнтақ береді.

Гидротермалық реальгар аурипигмент, антимонит, кварцпен бірге кездеседі.

Сирек кездесетін минералдардың қатарында, кейде аурипигментпен бірге күшәла өндіретін кен ретінде пайдаланылады.

Молибденит MoS_2 – «молибденді жылтырлық», аты грек тіліндегі «молибдос» – «қорғасын» деген сөзінен шыққан, мүмкін сыртқы ұқсастығына байланысты. Химиялық құрамы: Mo 60 %, S 40 %. Жапырақша, қабыршақша агрегаттар, сферолиттер құрастырады, кейде кварцты желілерде кездеседі.

Сингониясы гексагондық, түсі қорғасынша-сұр көкшіл реңкті, қағазда сызығы көкшіл-сұр, жылтырлығы күшті металша, жымдастығы аса жетілген, тығыздығы 4,7–4,8 г/см³, қаттылығы 1, сипалағанда қолға майша жағылады (қолды былғайды). Кристалдары көбінесе қабыршақтанған, кейбір жұқа жапырақшаларда майысқак болады.

Кенорындары қышқыл гранит пен гранодиориттермен байланысты, оларда сеппелі түрінде кездеседі. Пегматитті желілерде молибденит аз мөлшерде кездеседі. Ал өндірістік мөлшерде ол гидротермалық түзілімдерде – жапсар-метасоматиттік грейзендермен, олардағы кварцты желілер және кварцталған таужыныстарымен байланысты.

Тотыққан белдемдерде молибденит повеллитке және молибдендік жосаға айналады. Гидротермалық молибденит касситерит, вольфрамит, кварц, мусковит, берилл, турмалин, слюда, флюорит, мыс (жиі халькопирит), мырыш (жиі сфалерит) және темірдің (пирит, пирротин) сульфидтерімен бірге кездеседі.

Молибденнің басты кені болады, қосымша рений өндіріледі. Әлемде бұл металдың 90 %-ы өнімдері әртүрлі жоғарғы сапалы құрыш өндірісінде пайдаланылады. Қалған бөлігі электртехника, бояу өндірісі, сымсыз телеграф, химиялық өндірістерде және т.б. қолданылады.

Антимонит Sb_2S_3 – «сурьмалы жылтырлық», стибнит, аты грек тіліндегі «антемион» – «гүлдер» деген сөзінен шыққан, ине тәрізді

агрегаттардың өсімдік гүлдерімен ұқсастығымен байланысты қойылған шығар. Мүмкін оның аты «антимониум» – «сурьма» деген латын сөзінен де шыққан болар. Химиялық құрамы Sb 71,4 %, S 28,6 %. Аз мөлшердегі күшәла, қорғасын, күміс, мыс және темір қоспалары оның механикалық кірленгенімен байланысты болады.

Сингониясы ромбылық, созылынған кристалдар призмалық габитушта және олардың ұзаруына перпендикуляр сызықталуы байқалады (14-сурет), жымдастығы ұзаруы бойынша жетілген. Кристалдары жиі майысқан, есіліп ширатылады. Ол кейде радиалды-сәулелі, қада тәрізді және жұқа ине тәрізді, сирек жер тәрізді агрегаттар құрастырады. Түсі және сызығы қорғасынша-сұр, жиі кристалдарда қара-көкшіл құлпырма кездеседі, жымдастығы жетілген, қаттылығы 2–2,5, мортты, тығыздығы 4,5–4,6 г/см³, мөлдір емес, электртогын өткізбейді.

Төмен температуралы гидротермалық кварцтық желілерде кездеседі. Аз мөлшерде антимонит жанартаулық түзілімдерде суытылған бу өнімдерімен бірге түзіледі.

Гидротермалық антимонит, киноварь, кварц, флюорит, кальцит, каолинит, баритпен және т.б. бірге кездеседі. Серіктес боп ол киноварь, реальгар және аурипигмент кенорындарында кездеседі. Қорғасын, мырыш және басқа металдардың кенорындарында сирек болады.

Антимонитті кендер сурьманың ең басты көзі болып табылады. Сурьма қорғасын, қалайы қорытпаларында пайдаланылады, олардан аккумуляторлар, типографтық шрифтер жасайды. Сурьма қоспалары резеңке, тоқыма, шыны өндірісі, медицина және т.б. пайдаланылады.

Висмутин Bi_2S_3 – «висмутты жылтырлық». Химиялық құрамы: Bi 81,2 %, S 18,8. Көп емес мөлшерде сирек кездесетін қоспалар Pb , Cu , Fe , As , Sb , Te және т.б. Соның ішінде Pb , Sb және Te висмутты изоморфты ауыстыруы мүмкін.

Сингониясы ромбылық, антимонит сияқты қадалы және ұзартылған кристалдар түрінде кездеседі (14-сурет). Жақтары көбінесе жұқа вертикалды сызықталған. Тұтас түйіршекті массалар түрінде, кейде сәулелі агрегаттар түрінде тараған. Түсі ақ, құрыштай-сұр реңкті. Жиі сары және ала құлпырма тән. Мөлдір емес, сызығының түсі сұр, жылтырлығы күшті металша, қаттылығы 2–2,5, (010) бойынша жымдастығы жетілген, (100) және (001) бойынша

жетілмеген, тығыздығы 6,4–6,6 г/см³, кейбір кезде 7,1. Электртогын өткізбейді.

Висмутин тек гидротермалық (желілік, жапсар-метасоматиттік) кенорындарында кездеседі.

Қалайы, вольфрам, күшәла кенорындарында ол сомтума висмут, арсенопирит, халькопирит, кейде сомтума алтын, топаз, берилл, пирит, галенит және көптеген басқа сульфидтермен жиі парагенетикалық ассоциация құрайды.

Висмутты кендер висмуттың басты көзі болады, олар жеңіл қорытылатын қорытпаларда қолданылады, жоғары қос сынғыш шыны жасауға, химиялық препараттарда, медицинада және басқа бағытта пайдаланылады.

Ковеллин CuS – «мысты индиго», италиялық минералог Ковеллийдің құрметіне аталған. Химиялық құрамы: Cu 66,5 %, S 33,5 %, қоспалары ретінде Fe , сирек Se , Ag және Pb кездеседі.

Сингониясы гексагондық, кристалдары сирек пайда болады және олар майда тақта тәрізді. Агрегаттарында ковеллиннің жұқа жақпаларында жарық-көк түсті, немесе ұнтақтар мен күйе тәрізді агрегаттарында көкшіл-қара түсті болады. Түсі индигоша-көк, сызығы сұрдан қараға дейін, мөлдір емес, өте жұқа жапырақшаларында жасыл түсті саңылау береді. Жылтырлығы күйе тәрізді, ол әлсіз көрінеді, қаттылығы 1,5–2, мортты, тығыздығы 4,59–4,67 г/см³, жымдастығы жетілген.

Экзогендік, мысты кенорындарында, қайта сульфидтену белдемдерінде болады. Ереже бойынша, гидротермалық метасоматиттерде бастапқы және туынды сульфидтердің кенорындарында пайда болады.

Халькопирит, борнит, халькозин, сфалерит, галениттермен кездеседі.

Ковеллин-халькозинді кендер, ең бай мысты кендер болады. Олар бастапқы халькопирит-пиритті кендерге қарағанда, мысқа екі есе бай болып табылады.

Бақылау сұрақтары:

1. Сомтума элементтердің ерекше диагностикалау белгілері, жаратылысы және қолданылуы қандай?

2. Мыс, күшәла, қорғасын, мырыш, сынап, сурьмалардың сульфидтері және олардың практикалық маңызы.

3. Сульфидтердің өздеріне тән парагенетикалық ассоциациялары қандай?

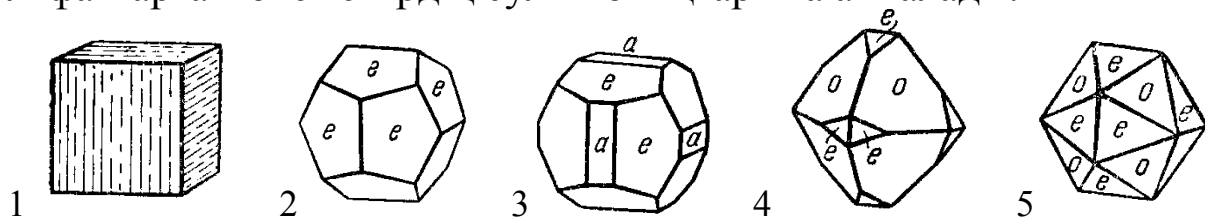
Дисульфидтер тобы

Дисульфидтер тобының минералдары: пирит FeS_2 , марказит FeS_2 , кобальтин $CoAsS$, арсенопирит $FeAsS$.

Пирит FeS_2 – «күкірті колчедан, темірлі колчедан», аты «пирос» – «от» деген грек сөзінен шыққан, ұрғанда ұшқын шашырататын қасиетімен, немесе оның жылтырлығымен байланысты шығар. Жер қыртысында ең көп тараған сульфид болады. Химиялық құрамы Fe 46,6 %, S 53,4 %. Сирек емес құрамына Co , Ni , As , Sb кейде Cu , Au , Ag және басқалары кіреді.

Сингониясы кубтық, кристалдардың жақтарында өзара перпендикуляр сызықталуы бар кубтар, сирек пентагондодекаэдрлар және октаэдрлар кездеседі (15-сурет). Тұтас тығыз агрегаттар, друзалар және сеппелер құрайды. Түсі сабандай-сары, сызығы қара, қаттылығы 6,0–6,5, тығыздығы 4,9–5,2 г/см³, жымдастығы аса жетілмеген. Электртогын нашар өткізеді.

Тотығу белдемдерінде лимонитке айналады. Магмалық таужыныстарда өте ұсақ сеппелер түрінде, скарндық жапсар-метасоматиттік кенорындарында, гидротермалық және шөгінді таужыныстарында (сазды құмтастар, тас көмір, темір, марганец, бокситтер және т.б. кенорындарында), метаморфтық тақтатастарда кездеседі. Жер бетінде тотығу белдемдерінде тез тотығып, сульфаттарға және темірдің сулы тотықтарына айналады.



15-сурет. Пириттің кристалдар пішіндері

Пириттің кубы (1), пентагондодекаэдрі (2), кубпен пентагондодекаэдрі – a (100) комбинацияда (3), октаэдрі – o (111) (4), октаэдрі пентагондодекаэдрмен комбинацияда (5)

Күңгірт кендер, галенит, магнетит, арсенопирит, алтын, барит, кварц, кальцитпен және т.б. бірге кездеседі.

Күкірт қышқылын өндіруде пайдаланылады, қосымша пиритті кендерден басқа әдістермен мыс, мырыш кейде алтын, селен

өндіріледі. Темір қойыртпалары бояу немесе темір өндіруге пайдаланылады. Өте сирек пириттен никель, кобальт шығарады.

Марказит FeS_2 – «сәулелі колчедан», аты көне араб тілінен шыққан, марказитті және пиритті солай атайтын. Химиялық құрамы: Fe 46,6 %, S 53,4 %. Қоспалары ретінде өте аз мөлшерде күшәла (**кирозит**), сурьма және басқалары байқалады.

Сингониясы ромбылық, кристалдары тақташа және найза тәрізді. Жалбырлы, бүйрек тәрізді, орайлы, сауысқан, тасберіштік, сферолиттік, тұтас агрегаттар құрайды. Жиі марказит тасберіш түрінде кездеседі. Әдетте оған органикалық қалдықтар бойынша дамыған псевдоморфозалар тән. Кейде қара ұнтақ тәрізді түрлесі мельниковит-марказит кездеседі, оны рентгенометриялық әдіспен ғана анықтайды. Түсі жез-сары, сызық түсі қара, жылтырлығы металша, жымдастығы жоқ, қаттылығы 5–6, тығыздығы 4,6–4,9 г/см³. Пириттен сирек кездеседі.

Көбінесе экзогендік, кейде төмен температуралы гидротермалық желілік кенорындарында болады. Сульфидтік кенорындарының тотығу белдемдерінде, жиі көмір құрамды және шөгінді таужыныстарында кездеседі. Жер бетінде пириттен де тез тотығады.

Гидротермалық марказит кварц, кальцит, галенит, сфалерит, күңгірт кендер және т.б. бірге кездеседі.

Пирит және марказит құрамды кендерді күкірт қышқылын өндіруге қолданады. Кейде ол таллий өндіретін көз болып табылады.

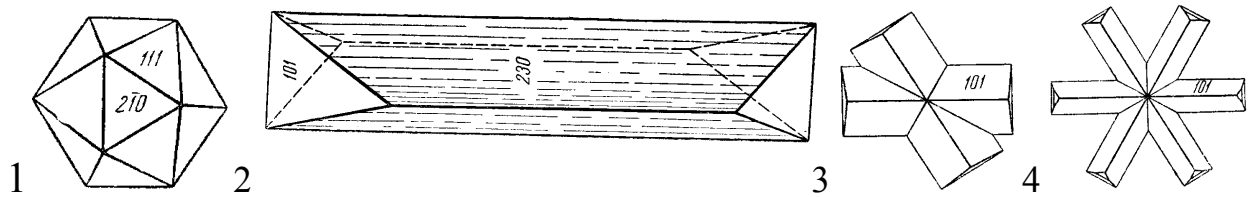
Кобальтин $CoAsS$ – «кобальтты жылтырлық», аты құрамы арқылы берілген. Химиялық құрамы Co 35,4 %, As 45,3 %, S 19,3 %. Қоспалары ретінде темір және никель болады.

Сингониясы кубтық, тұтас майда түйіршекті агрегаттар, сеппелер, желішектер құрайды. Өте жиі кристалдардың габитусы кубтық, пішіндері октаэдр немесе пентагондодекаэдр болады (16-сурет). Түсі ақ немесе, оларда қызғылт реңкі бар, сызығы сұрша-қара, қаттылығы 5–6, тығыздығы 6,0–6,5 г/см³, жылтырлығы металша, жымдастығы куб бойынша орташа жетілген. Электртогын нашар өткізеді.

Гидротермалық жапсар-метасоматиттік скарндарда және желілік кенорындарында кездеседі.

Арсенопирит, халькопирит, кальцит, кварц, магнетит, темірлі хлорит, турмалин, апатиттармен бірге кездеседі.

Кобальт өндіретін ең маңызды кен болады. Кобальт жоғарғы сапалы құрыш және қорытпаларда қолданылады, керамикалық бұйымдар және әйнек бояйтын көк және жасыл бояу өндіріледі.



16-сурет. Кобальтин мен арсенопириттің кристалдар пішіндері
 1 – кобальтиннің пентагондодекаэдрдің октаэдрімен комбинациясы;
 2 – арсенопириттің қада және ине тәрізді кристалдары және егіздік (3)
 және үштігі (4)

Арсенопирит $FeAsS$ – «күшәла колчеданы», аты құрамына қарай берілген. Химиялық құрамы Fe 34,3 %, As 46,0 %, S 19,7 %, құрамында сирек емес Co , сирек Ni , Sb , Bi , Ag және Au қоспалары бар. Алтын арсенопириттің құрамында ұсақ дисперсті фаза ретінде болады, бұл кезде арсенопирит кристаллозоль болып келеді. **Түрлестері:** данаит – кобальт құрамды арсенопирит, кобальтқа бай түрлестері глаукодот деп аталады.

Сингониясы моноклиндік, кристалдары призмалық, кейде қысқа призмалық (16-сурет). Тұтас майда түйіршектік, қада және ине тәрізді агрегаттар береді, құрылымдары радиалды-сәулелі. Жақтарының түсі қалайыдай-ақ, жарылымдарда құрыштай-сұр, сызығы сұрша-қара, құлпырмасы сары түсті, қаттылығы 5,5–6, мортты, тығыздығы 5,9–6,2 г/см³, жылтырлығы металша, жымдастығы жетілген бір бағытта. Ток өткізеді, балқу температурасы 430–675⁰. Арсенопириттің үлгітастарын бір-біріне үйкелесе, сарымсақ иісі пайда болады.

Жоғары және орта температуралы гидротермалық (метасоматиттік – скарндық, желілік) жаратылыста болады.

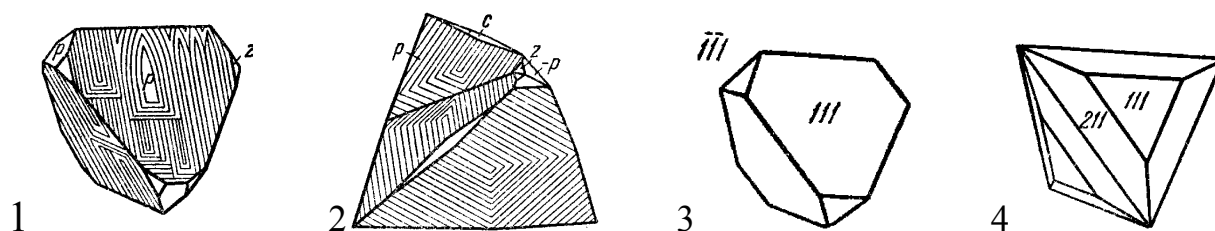
Кварц, турмалин, далашпаттар, слюдалар, карбонаттар, кейде берилл, топаз және т.б. кездеседі. Касситерит, вольфрамит, сфалерит, галенит, алтын, күміс және мыс кендерінде болады.

Күшәла кені болады, кейде серіктес ретінде кобальт өндейді. Күшәла ауыл шаруашылығында зиянкестермен күресуге, тері, лак-бояу және басқа өндірістерде қолданылады.

Қос сульфидтер тобы: халькопирит $CuFeS_2$, борнит Cu_5FeS_4 .

Халькопирит $CuFeS_2$ – «мысты колчедан», аты «халькос» – «мыс» және «пир» – «от» деген грек сөзінен шыққан. Химиялық құрамы Cu 34,57 %, Fe 30,54 %, S 34,9 %, және аз мөлшерде In , Ag , Au , Pb қоспалары тән.

Тұтас агрегаттар және сеппелер болады, друзалық қуыстарда кристалдары сирек кездеседі. Олар октаэдрлік және тетраэдрлік келбетті (17-сурет) болады.



17-сурет. Халькопириттің тетраэдрлік кристалы (1) және егіздігі (2); тетраэдриттің кристалдары (3–4)

Сингониясы тетрагондық, түсі жез-сары, жиі қоңырлау және түрлі-түсті, ала шұбар құлпырмалары кездеседі, сызығы жасылдау-қара, қаттылығы 3,0–4,0, мөлдір емес, жылтырлығы күшті металша, жымдастығы жетілмеген, тығыздығы 4,1–4,3 г/см³. Электртоғын әлсіз өткізеді. Магмалық негізді таужыныстарда, гидротермалық скарндарда, метаморфтық тақтатастарда және шөгінді құмтасты таужыныстарда кездеседі.

Магмалық жаратылыста халькопирит, пирротин және пентландитпен бірге кездеседі; скарндық – андрадит, магнетит, шеелит, пирротин; гидротермалық – пирит, пирротин, галенит, сфалерит, мыстың сульфидтерімен және т.б.

Мыстың ең маңызды кені болады, өндірістік құрамы 2–2,5 %-ды құрайды, кейде бірге күміс, индий және басқа минералдар өндіреді.

Борнит Cu_5FeS_4 – «түрлі-түсті ала шұбар мыстың кені», XVIII ғасырдың австралиялық минералогі И. Борнның атымен аталған. Химиялық құрамы Cu 63,3 %, Fe 11,2 %, S 25,5 %. Қоспа ретінде күміс, селен, теллур және германий жиі кездеседі.

Сингониясы кубтық, кубтық габитуста сирек кездеседі, әдетте тұтас агрегаттар, сеппелер, желішектер түзеді, кейбір құмтастарда керіштің құрамына кіреді. Түсі жарылуында қарауытқы мысты-қызыл, құлпырмалары жарық көк, сиядай-көк және түрлі-түсті болады, сызық түсі қара, жылтырлығы металша, жымдастығы жоқ, қаттылығы 3, тығыздығы 4,9–5,2 г/см³. Электртоғын өткізеді.

Гидротермалық желілерде, экзогендік мысты кендердің гипергендік белдемдерінде болады.

Гидротермалық желілерде халькопирит, пирит, галенит, сфалерит, күңгірт кендермен; экзогендік борнит, мысты халькозин және ковеллинмен кездеседі. Жер бетінде малахит және азуритпен жеңіл ауысады.

Халькопиритке қарағанда мыстың бай кені болып саналады.

Күрделі сульфидтер (сульфотұздар): күңгірт кендер

Күңгірт кендер $Cu_{12}(Sb,As)_4S_{13}$. Аты ескі жақтарының жылтырлығы күңгірт болатындығынан берілген. Бұл топ минералдары изоморфты қатар құрайды, оның шеткі мүшелері – **теннантит $Cu_{12}As_4S_{13}$** – «күшәлалық күңгірт кен» (аты ағылшын химигі С. Теннанның құрметіне қойылған) және **тетраэдрит $Cu_{12}Sb_4S_{13}$** – «сурьмалық күңгірт кен» (аты кристалдардың пішінімен берілген) (17-сурет). Күмістің 17 %, сынаптың 20 %, мырыштың 10 %-ға дейін, темір, селеннің изоморфты қоспалары кездеседі. Изоморфтық ауысуының механизмі келесі $Cu^+ \rightarrow Ag^+, Hg^+$; $Cu^{2+} \rightarrow Fe^{2+}, Zn^{2+}$; $S^{2-} \rightarrow Se^{2-}, Te^{2-}$. Табиғи күңгірт кендердің талдаулары «күкірттің артықшылығымен» сипатталады.

Кристалдардың габитусы тетраэдрлік, тұтас ұсақ түйірлі агрегаттар және бұрыс пішінді сеппелер құрайды. Түсі құрыштай-сұр, жылтырлығы металша ескі жақтарында күңгірт, жымдастығы жоқ, сызығы қара, қаттылығы 3–4,5, жарылымдары түзу емес және бақалшақтайға дейін, кейде құлпырмалары бар.

Жаратылысы гидротермалық, жер бетінде күңгірт кендер бойынша неше түрлі мыстың туынды минералдары пайда болады.

Гидротермалық күңгірт кендер пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, сомтума алтын, барит, кальций, т.б. минералдармен бірге кездеседі.

Мысты кендердің бағалы компоненті болады. Кейбір сульфидтік кендерді кешенді өнімдегенде, күмістің көзі болады.

Бақылау сұрақтары:

1. Түрлі-түсті құлпырмасы бар сульфидтерді атаңыз?
2. Мыс, күшәла, темір, кобальт сульфидтерін атаңыз және олардың қолданылуы қандай болады?
3. Дисульфидтердің сипаттаушы парагенетикалық ассоциациясын атаңыз.

3.3. Тотықтар, сулы тотықтар және галогенидтер класының минералдары

Тотықтар және сулы тотықтарды сипаттау келесі қатармен жүргізіледі.

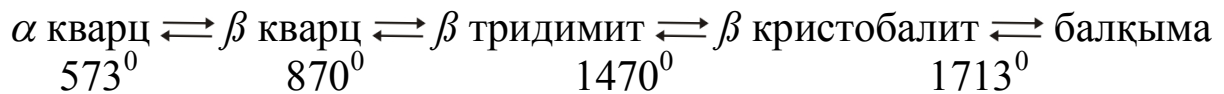
1. Жай тотықтар: кварц, халцедон, гематит, куприт, корунд, рутил, касситерит, пиролюзит, уранинит.

2. Күрделі тотықтар: шпинель, магнетит, хромит, ильменит, колумбит, танталит.

3. Сулы тотықтар: гидраргиллит, гетит, лимонит, опал, псиломелан.

Жай тотықтар

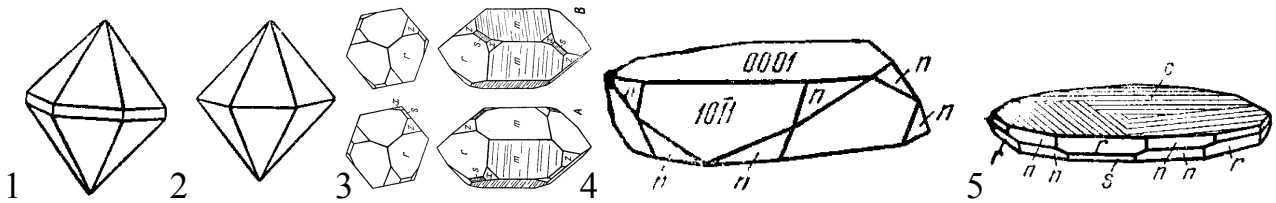
Кварц SiO_2 . Кварц, тридимит және кристобалит SiO_2 (кремнеземнің) полиморфты модификациялары боп табылады. Ал олардың модификацияларын α және β грек әріптерімен қосып жазады. Олардың энантиотроптық ауысуы келесі қатармен сипатталады:



Белгілі болғандай, жоғарғы температуралы кварц, кристобалит және тридимит модификациялары жоғарырақ симметрияға ие. Мысалы, β кварц гексагондық болады, ал α кварц – тригондық; жоғарғы температуралы β тридимит – гексагондық сингониялы, ал α тридимит – ромбылық; жоғарғы температуралы β кристобалит – кубтық, ал α тридимит – тетрагондық симметриялық болады. Төменгі темепературада тұрақты тригондық модификациялы α кварцты әдетте кварц деп атайды. Кварц жер қыртысында кең тараған және өте жақсы зерттелген минерал болады. Кристалдық α және β модификацияларынан басқа кварцтың жасырын кристалды, талшықты құрылымды **халцедон**, **агат** және **кварцин** түрлері бар.

Кварцтың химиялық құрамы таза боп табылатыны, оның түссіз мөлдір түрлеріне тән қасиет болады. Сүттей ақ түрлерінде механикалық қоспа ретінде әртүрлі мөлшерде газ тәрізді, сұйық және қатты заттар: CO_2 , H_2O , көмірсутегтері, $NaCl$, $CaCO_3$, т.б. кездеседі. Кейбір кезде кварцта жай көзбен ақ көрінетін өте майда рутил кристалдары, актинолит және басқа минералдардың қоспалары

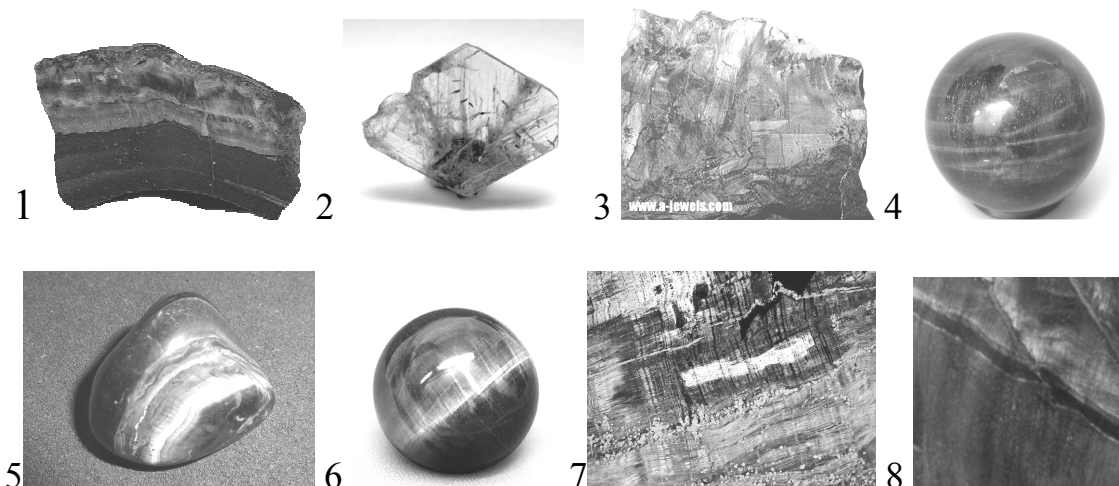
болады, оларды ол кристалданған кезде өзіне иеленіп алған, сол кварцтардың кристалдарын «шашты» кварц немесе «Шолпан жұлдыздың шашы» деп атайды (20-сурет). Тұтас әртүрлі тығыздығы және түйірлері бар агрегаттар құрайды. Кристалдары жиі призмалық және дипирамидалық-трапецоэдрлік габитусты (18-сурет).



18-сурет. β кварцтың гексагондық дипирамидасы гексагондық призмамен комбинацияда (1-2), сол және оң кварц (3); гематиттің кристалдары (4-5)

Түсі ақ, сұр, қызғылт, жасыл және басқа реңкті. Кварц кристалдарының мөлдірлігіне және түстеріне қарай аталатын түрлері бар. **Түрлері:** **мөлдiртас (тау хрусталі)** – судай-мөлдiр, әдетте жақсы кристалды, төмен температуралы альпийлік желiлерде және кейбiр пегматиттерде кездеседi; **аметист** – күлгiн, төмен температуралы, гидротермалық; **қызғылт кварц** – бозарған-қызғылт түстi, кейбiр пегматиттік желiлердiң ортаңғы жақтарына тән; **раухтопаз (ысталған кварц)**, қоңырқай түстi, мөлдiр, төмен температуралы желiлерде пайда болады; **морион** – қара түстi кварц, пегматиттік желiлерде және пневматолиттерде ортаклаз, альбит, топаз, бериллдермен бiрге кездеседi; **цитрин** – алтындай-сары немесе лимондай-сары түстi кристалдар құрастырады. Бұл минералдар асыл немесе жартылай асыл тастарға жататын кварцтың мөлдiр түрлерi. Осылардан басқа аллохроматтық түстi кварцтың түрлерi бар, бұл түстер, бiзге белгiлi болғандай, олардың iшiндегi түстi минералдар қоспаларымен байланысты. Оларда өздерiнiң аттары бар: **празем** – жасылдау кварцтың құрамында ұсақ жасыл актинолиттiң ине тәрiздi кiрмелерi бар; **авантюрин** – сарғыш немесе қоңырқай-қызыл түстi кварц, оның жымындасып жарқыраған құбылысы, құрамындағы гематиттiң өте майда қабыршақтары және басқаларымен байланысты; сонымен қатар **мысық**, **сұңқар және жолбарыстың көзi** деген түрлерiнде ақшыл және қарауытты реңктi жiбектей құбылысы бар, олар хайуандардың көздерiнiң құбылысына ұқсас келедi, және бұл қасиет асбест тәрiздi (асбест, крокидолит және т.б.) талшықты минералдардың кварцты ауыстыруымен байланысты (19-сурет).

Темір тотықтардың қоспаларымен қызыл түске боялған кварцтың кристалдары сирек кездеседі.



19-сурет. Асбест тәрізді (асбест, крокидолит және т.б.) талшықты минералдардың кварцты ауыстыруы
Мысық (1–2), сұңқар (3–4, 8) және жолбарыстың (5–6,7) көздері

Кварцтың жылтырлығы шыныша, қаттылығы 7, меншікті салмағы $2,5-2,8 \text{ г/см}^3$, жымдастығы аса жетілмеген, мөлдір, пьезоэлектрлік қасиет тән. Жарылған жерлері бақалшақ тәрізді болады.

Халцедон SiO_2 . Бұл жасырын кристалды кварцтың бір түрі. Жылтырлығы балауызша немесе күңгірт болады. Қаттылығы 7, меншікті салмағы $2,5-2,8 \text{ г/см}^3$, жымдастығы жоқ. Түстері әртүрлі: ақ, сұрғылт, сары, ақшыл, қызыл-қоңыр, күңгірт құба-қоңыр, қызыл, жасыл, көгілдір, көкшіл, қара.

Халцедон мен кварциннің кварцтан айырмашылығы талшықтары радиалды-сәулелі орналасады.

Халцедонның көптеген түрлері түсі, суреті, құрылысымен бір-бірінен ажыраталады. Мөлдір немесе саңылауы бар, біркелкі боялған түрлерінің арасынан **сердоликті** атауға болады, оның түсі қызыл, қызғылт сары. Жолақ түрлері **агаттар** деп аталады, ал қара және ақ қабаттар кезектесе, оны **оникстер** дейміз. Агаттар кремнийлі жеодалар құрастырады, олардың ішкі құрылысы концентрлік-белдемді, белдемдерде әртүрлі түсті халцедон және кварц кездеседі, жеоданың ортасында кварц кристалдары орналасады. Тығыз, құрамы толық халцедонды емес таужыныс, қомақты бөлігін қоспалар және бояушы заттар құрайды, **яшма** деп аталады; яшмалардың түсі

әртүрлі. Құмтас және саздар қоспаларымен өте күшті кірленген халцедонның түрлесі **кремень** деп аталады.

Кварцтың генезисі – магмалық, гидротермалық (кварцты желілерде), метаморфтық (тақтатастарда, гнейстерде, темірлі кварциттерде) және гипергендік. Халцедон жаратылыс жағынан гидротермалық, ол жанартаудың әрекеттерінен пайда болған. Халцедон және оның түрлестері – агаттар, сердоликтер және т.б. қатайған лаваның жарықшаларында және қуыстарында түзіледі, көптеген эффузивтік таужыныстардың миндалиналарында кездеседі.

Кварц граниттік пегматиттерде – далашпаттар, слюдалар, топаз, берилмен болады; гидротермалық кварц – касситерит, вольфрамит, алтын, молибденит, пирит, халькопирит, турмалин, кальцит, хлорит және т.б.; метаморфтық мөлдіртас друзалары – далашпаттар, хлориттер, рутил, брукиит және т.б., гипергендік – кремень, халцедонмен бірге кездеседі.

Кварцты өндірістің әрбір саласында түрлі оптикалық аспаптар жасауға қолданады, әсемдік бұйымдар үшін мөлдіртас пайдаланылады, сағат жасау, радиотехника (пьезокварц), оптикалық құралдар, химиялық отқа төзімді ыдыс жасау, құрылыс, шыны, керамика және металлургия өндірістерінде кең қолданылады. Халцедон бірқатар ғылыми аспаптарда, өңдеу материалдары ретінде көркемдік істерде қолданылады. Агаттар және сердоликтер әшекей және декоративтік материал ретінде пайдаланылады.

Гематит Fe_2O_3 – «темірлі жылтырлық», «темірлі слюдка», «қанды теміртас», «темірлі қаймақ». Аты гректің «гематикос» – «қанды» деген сөзінен шыққан. Табиғатта темірдің екі полиморфты модификациясы белгілі: $\alpha-Fe_2O_3$ – тригондық, тұрақты және $\beta-Fe_2O_3$ – кубтық, тұрақсыз. Құрамына аз мөлшерде су кірсе, **гидрогематит** пайда болады. Синонимдері: қызыл теміртас (тығыз жасырын кристалды түрі), темірлі жылтырлық, темірлі слюда, темірлі қаймақ (қызыл ұнтақ тәрізді түрі), қызыл шынылы бас (бүйрек тәрізді гематиттің агрегаттары).

Жиі пластинкалы, ромбоэдрлік және тақташа кристалдары кездеседі (18-сурет). Магнетит бойынша дамыған псевдоморфозасын **мартит** деп атайды. Химиялық құрамы: Fe 70,0 %, O 30,0 %. Түсі қара-сұрдан қорғасынша-сұрға дейін, сызығы шиедей-қызыл, жылтырлығы орташа металша, кейбірде көкшіл құлпырма байқалады, қаттылығы 5,5–6,0, мортты, меншікті салмағы 5–5,3 г/см³,

жымдастығы жоқ, өте жұқа пластинкалы қою қызыл түс береді, шала мөлдір болады.

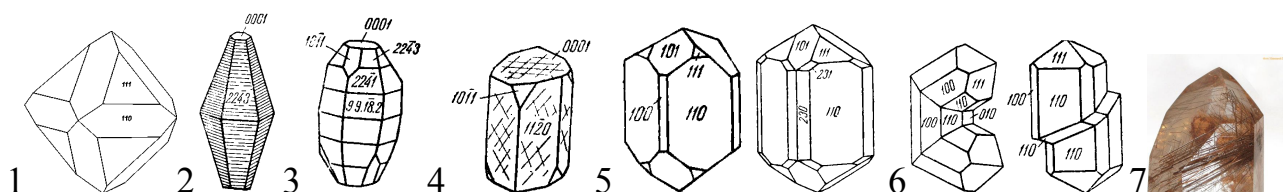
Ең төмен мөлшерде магмалық сиенит, гранит, андезит, пегматит және т.б.; метасоматиттер (скарндар), гидротермалық желілер, метаморфиттер (темірлі кварциттер), мору қыртысында кездеседі.

Магмалық гематит далашпаттар, кварц, амфиболдар, пироксендер және слюдалармен бірге кездеседі; скарндық – магнетит және эпидот; гидротермалық – кварц және карбонаттар; метаморфтық – кварц және магнетит; мору қыртысында – диаспор және бемит (бокситтерде), барит, магнетит, гидрогетит, гидрогематит, лимонит, ярозит.

Гематит – едәуір жеңіл балқығыш, темірге бай кеннің бірі. Тығыз – қан түстес гематит зергерлік әшекейлік бұйымдар жасауға пайдаланылады.

Куприт Cu_2O . Минералдың аты латынның «купрум» – «мыс» деген сөзінен шыққан, синонимі мыстың қызыл кені. Химиялық құрамы: Cu 88,8 %, O 11,2 %. Жиі механикалық қоспа ретінде құрамында сомтума мыс, ал жасырын кристалды түрлерінде – Fe_2O_3 , SiO_2 және H_2O болады.

Сингониясы кубтық, кристалдардың келбеті октаэдрлік, сирек кубтық немесе додекаэдрлік (20-сурет). Кейде ине және шаш тәрізді индивидтері кездеседі. Жиі тұтас түйіршекті кейде жер тәрізді (басқа қоспалары бар) агрегаттар құрайды. Түсі қызылдан қорғасынша-сұрға (ұсақ түйіршекті немесе жасырын кристалды агрегаттарда) дейін, сызық түсі қоңырлау-қызыл немесе қоңырқай-қызыл (басқа бисквитпен үйкелегенде сарғаяды). Кристалдардың сынған жақтарында алмасша жылтырлық тән. Кейде куприт шала мөлдір болады. Қаттылығы 3,5–4, мортты, жымдастығы жетілмеген, меншікті салмағы 5,85–6,15 г/см³.



20-сурет. Куприт кристалы (1); корундтың дитригондық дипирамидасы (2), кеспек тәрізді (3) және призмалық (4) кристалдары; рутилдың кристалдары (5) және егіздіктері (6), «шашты» кварц рутилдің кірмелерімен (7)

Экзогендік халькозин және борнит кендерінің тотығу белдемдерінде болады. Сомтума мыспен бірге шөгінді таужыныстарында кездеседі.

Халькозин, борнит, малахит, азурит, сомтума мыстармен бірге кездеседі. Куприт ең жақсы мыс кендерінің қатарына кіреді.

Корунд Al_2O_3 . Аты үндінің «каурунтака» сөзінен шыққан. Полиморфты модификациялары α - Al_2O_3 – тригондық, табиғи жағдайда ең тұрақтысы, пайда болу температурасы $500-1500^0$; β - Al_2O_3 – гексагондық, өте жоғары температурада тұрақты, α - Al_2O_3 -тен β - Al_2O_3 өтуі $1500 - 1800^0$ температураларында болады; γ - Al_2O_3 – кубтық, жасанды түрі, кристалдық торы шпинельдікіндей, бемитті 950^0 температурасына қыздырғанда пайда болады, ал одан жоғары температурада тұрақсыз боп α - Al_2O_3 модификациясына өтеді. Химиялық құрамы: Al 53,2 %, O 46,8 %. Санауға тұрмайтын мөлшерде Cr құрамына кірсе, түсі қызыл болады, Fe^{3+} болса – қоңыр (Mn қосымша еңсе) және қызғылт, Ti – көк, Fe^{2+} және Fe^{3+} қоспалары – қара түске бояйды.

Әдетте, кеспек тәрізді, бағаналық, пирамидалық және пластинкалы кристалдар құрайды (20 - сурет). Өлшемдері үлкен болуы мүмкін (көлденеңі дециметрлерге дейін). Түсі әдетте көкшіл-сұр немесе сары-сұр, әртүрлі түсті мөлдір кристалдары кездеседі. **Мөлдір асыл тастары болатын түрлестері: лейкосапфир** – түссіз, **сапфир** – көк, **рубин** – қызыл, «**шығыстың топазы**» – сары, «**шығыстың аметисті**» – күлгін, «**шығыстың зүбаржаты (изумруд)**» – жасыл, «**жұлдызша корунд**» – жарыққа қарағанда астеризм тән, базопинакоид жазығында бұрған кезінде қозғалып кететін алты сәулелі жұлдызша пішінді опалесценция көрінеді, бұл құбылыс құрамындағы бағдарлы микроскопиялық механикалық кірмелерімен байланысты. **Наждак** – тұтас түйіршекті таужыныс, түсі сұр-қара. Қаттылығы жоғары – 9, жарылымдары түзу емес, жылтырлығы шыныша, жымдастығы жоқ, тығыздығы $3,95-4,10$ г/см³. Жасанды корундтың балку температурасы 2040^0 .

Магмалық сиениттер және анортозиттер, сирек андезиттер және базальттар, сиенитті пегматиттерде кездеседі. Жапсар-термалық және аймақтық метаморфтық таужыныстар және шөгінді шашылымдарда болады.

Магмалық және шөгінді корундтар далашпаттар, пироксендер, слюдалармен бірге кездеседі; метаморфтық – андалузит, силлиманит, рутил, диаспор, гематитпен.

Корунд пен наждак (ұсақ кристалды корундты таужыныс) түрпелі материал, мөлдір түстелген кристалдары зергерлік істе асылтастар ретінде пайдаланылады. Рубин дәлдік механикада және әртүрлі оптикалық құралдарда пайдаланылады.

Рутил TiO_2 . Аты «рутилос» – «қызылдай» деген латын сөзінен шыққан. Оның тұрақсыз модификациясы **анатаз TiO_2** . Сингониялары тетрагондық, кристалдық құрылыстары өзгеше болады. Химиялық құрамы: Ti 60,0 %, құрамына Fe , Sn (1,5 % дейін), Cr^{3+} , V^{3+} , H_2O және басқалары қосымша кіреді, $FeTiO_3$ -ге бай түрі **нигрин** деп аталады. Рутилдің келбеттері призмалық, бағаналы, инешеге дейін (20-сурет). Жиі тізе тәрізді пішінді егіздіктер тән, біріккен жазықтары (011). Жалпақ тор тәрізді, біріккен ине тәрізді егіздіктерді **сагениит** деп атайды. Кварцтың құрамына еңген рутилдің жіп тәрізді кірмелері «шашты» немесе «**Шолпан жұлдызының шашы**» деп аталады (20-сурет).

Түсі қарауытты-сары, қоңырқай, қызыл және қара (нигрин). Түссіз және ақшыл түстері өте сирек кездеседі. Сызық түсі сары, ақшыл-қоңырқай, жылтырлығы алмасша және металл тәрізді, қаттылығы 6,0, мортты, жымдастығы жетілген, тығыздығы 4,2–4,3 г/см³, ал нигрин үшін 5,2 г/см³.

Генезисі: магмалық, гидротермалық, метаморфтық, экзогендік.

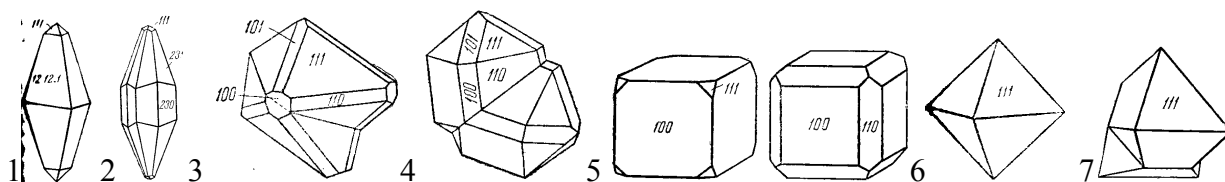
Парагенетикалық ассоциациясы: кварц, ильменит, гематит, магнетит, корунд.

Оның мөлдіртас пен гематиттердегі шаш тәрізді түрлері өте көрнекті болады. Керамика шығаруда, металлургияда – құрыш өндіруде, қоңырқай бояу жасайды және радиотехникада, детектор ретінде қолданады.

Касситерит SnO_2 . Аты «касситерос» – «қалайы» деген грек сөзінен шыққан. Синонимі қалайылы тас. Химиялық құрамы: Sn 78,8 %, ылғи қоспалары бар, жиі Fe_2O_3 (8,0 % дейін), Ta_2O_5 (9 % дейін – **айналит** деп аталады), Nb_2O_5 , TiO_2 , MnO , FeO , сирек ZrO_2 және WO_3 . **Түрлестері: ағаштай қалайы** – тығыз жолақты немесе конкрециялық түзілімдер береді.

Сингониясы тетрагондық, кристалдары дипирамидалық, пирамидалық-призмалық және бағаналық келбетті, кейде инеше.

Кристалдардың тізе тәрізді егіздіктері өте жиі кездеседі. Тұтас түйіршекті немесе радиалды-сәулелі агрегаттары сирек кездеседі. Касситериттің сеппелері, әдетте кристалдар немесе бұрыс пішінді түйірлер түрінде болады (21-сурет). Түстері қоспалары арқылы қарауытты-қоңырқайдан күйедей-қараға дейін, қоңырқай-сары немесе балдай-сары түстері сирек кездеседі. Өте сирек кездесетіндері – түссіздер. Сызық түсі қарауыттыларында әлсіз боялған қоңырқай, жылтырлығы алмасша, жарылымдарда шайырдай, біраз майлы сияқты. Жымдастығы жетілмеген, мортты, жарылымдары жиі бақалшақ тәрізді, жоғары қаттылығы 6–7 және тығыздығы 6,8–7,0 г/см³, магнитті емес. Генезисі: магмалық (граниттер мен пегматиттермен байланысты), метасоматиттік, әсіресе гидротермалық (кварц-касситеритті және сульфид-касситеритті желілерде өндірістік мөлшерде кездеседі), экзогендік шашылымдарда.



21-сурет. Касситериттің дипирамидалық (1), дипирамидалық-призмалық (2) кристалдары және егіздіктері (3-4); ураниниттің кристалдары (5) және шпинельдің октаэдрі мен «шпинель заңды» егіздігі (7)

Магмалық касситериттер слюдалар, далашпаттар, кварц, топаз, флюорит, лепидолит, турмалин, т.б. бірге кездеседі. Пегматиттік желілерде – кварц, слюдалар, альбит, турмалин, колумбит, берилл, сподумен және т.б. Гидротермалық жағдайда – вольфрамит, арсенопирит, пирит, пирротин, сфалерит, халькопирит, галенит және т.б.

Касситериттік кендер қалайы өндіретін бірақ минералдық шикізат болады. Ал қалайы қолданатын өндірістер – қаңылтыр, қола (мыспен қорытпасы), жез (мырыш, мыс және қорғасын қорытпасы) шығару, мысты ыдыс-аяқты дәнекерлеу, фольга өндіру және бояу жасау болады.

Пирролюзит MnO_2 . Аты «пирос» – «от», «люзиос» – «жоятын» деген грек сөздерінен шыққан. **Рамсделлит** деген ромбылық полиморфты модификациясы бар. Химиялық құрамы: Mn 63,2 %, ұсақ және жасырын кристалды агрегаттарда кірме ретінде Fe_2O_3 , H_2O ,

SiO_2 және т.б. Табиғатта әдетте тұтас кристалдық, жасырын кристалдық, ұнтақ, күйе және жер тәрізді агрегаттар боп кездеседі, оолиттер мен конкрециялар құрайды.

Сингониясы тетрагондық, түсі мен сызық түсі қара, кейде металша көкшіл құлпырма бар, жылтырлығы шала металша, мөлдір емес, кристалдық түрлестерінде қаттылығы – 5–6, жер тәрізділерде – 2, мортты. Кристалдық түрлерінде жымдастығы жетілген, тығыздығы 4,7–5,0 г/см³. Гидротермалық кенорындарда, қышқыл ортада, жер бетінде кең тараған марганецтің табиғи тотығы ретінде кездеседі, тотығуға белсенділігі жоқ.

Манганит, вернадит, псиломелан, гаусманит және басқа марганецті минералдар, лимониттермен бірге кездеседі.

Таза пиролюзитті кендер электрлік батарея шығаруда, шыны өндірісінде (шынылардың жасыл түсін жоюға), химиялық препараттарда, бояу, олифа, тері өндірістерінде қолданылады.

Уранинит UO_2 . Синонимі – ульрихит, уран мен ренийдің көзі болып табылады. Қоспалар ретінде *Ra*, *Ac*, *Po* және басқа радиоактивтік өзгерістер өнімдері табылады. Пегматиттерде кездесетін ірі кристалды түрлестерінде *Th* болады (7,5 %-ға дейін).

Сингониясы кубтық, кристалдардың келбеттері кубтық, бағынышты октаэдр мен ромбододекаэдрдің жақтары дамыған (21-сурет). Жиі колломорфтық бүйрек тәрізді және сауысқан пішінді құрайды. **Түрлестері:** **настуран** мен **уран шайыры**, ураниниттен айырмашылығы *Th*-дің изоморфтық қоспасы жоқтығы және ең бастысы өздеріне тән пішіндерінде. **Гидронастуран** – қара түсті аморфтық зат, құрамында төрт немесе алты валенттік уран мен су. **Урандық қарадақ** – уранинитпен настуранның тотыққан ұнтақты және қышқылданған өнімі. Қаттылығы 1–4, тығыздығы 5 г/см³-тан төмен. Ураниниттің түсі қара немесе қоңырқай-қара, кейде әлсіздеу күлгін реңкті. Сызық түсі қоңырқай-қара жылтырлау, жылтырлығы шала металша, жиі шайырша, балауызша немесе күнгірт болады. Қаттылығы 5,0–6,0, мортты, тығыздығы 8–10 г/см³-тан жоғары, күшті радиоактивті.

Уранинит граниттік және сиениттік пегматиттерде, гидротермалық кенорындарында, урандық кенорындарындағы тотыққан белдемдердің керіштік қабаттарында экзогендік урандық қарадақ пайда болады. Шөгінді су алқаптардың жағалау кенорындарында болуы мүмкін.

Магмалық уранинитпен сирек жерлер, ниобий, тантал, колумбит, монацит, турмалин, циркон, далашпаттар, слюдалар бірге пайда болады. Гидротермалық кенорындарында никелин, смальтин, хлоантит, сомтума висмут, күшәла, күміс, аргентит, гематит, темір мен кальций карбонаттары, флюорит және т.б. уранинит парагенетикалық ассоциация құрайды.

Күміспен қосымша радий өндіріледі, аса күшті ішкі ядролық энергиясын пайдалану, оларды өте құнды кен болдырды. Радий препараттары медицинада қатерлі ісік ауруларды емдеуге және т.б. қолданылады

Күрделі тотықтар

Шпинель $MgAl_2O_4$. Мөлдір түрлестері әртүрлі сүйкімді түске боялғандары (қызыл, қызғылт, жасыл, көк, күлгін және т.б.) асыл шпинель деп аталады. Химиялық құрамы: MgO 28,2 %, Al_2O_3 71,8 %. Қоспалар белгіленеді: Fe_2O_3 бөтелкедей-жасыл түс береді (хлорошпинель деп аталады), FeO , ZnO , MnO , Cr_2O_3 . Соңғы қоспамен шпинельдің қызыл түсі байланысты (рубиндік шпинель – пикотит). **Түрлестері:** герцинит $FeAl_2O_4$ – кара түсті, плеонаст $(Mg,Fe)Al_2O_4$ – кара-қоңыр немесе кара түсті.

Сингониясы кубтық, шпинель әдетте өлшемі үлкен емес біріккен октаэдрлік кристалдар құрайды (21-сурет), бірақ 25 см-ге жететін экземплярлар да бар. Түсі әртүрлі, жылтырлығы шыныша, қаттылығы жоғары 8, тығыздығы 3,5-3,7 г/см³, балқу температурасы 2150⁰. Жиі егіздіктері октаэдрлермен тұтасып, «шпинель заңы» бойынша өскен.

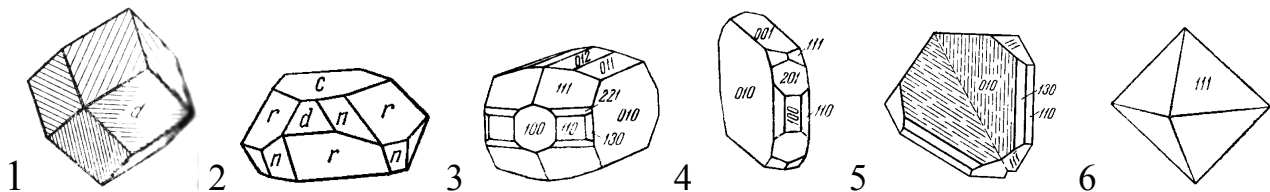
Жаратылысы: метасоматиттік, магмалық, метаморфтық (гнейстерде, кристалдық тақтатастарда).

Магмалық шпинель гранаттар, пироксендер, оливин, скаполит, хондродитпен бірге кездеседі. Мөлдір асыл шпинель асылтас ретінде пайдаланылады.

Магнетит $FeFe_2O_4$. Аты болжамды Македониядағы Магнезиа деген жердің атымен, немесе оны бірінші тапқан малшы Магнестің атымен қойылған. Синонимі – «магнитті теміртас». Химиялық құрамы: FeO 31,0 %, Fe_2O_3 69,0 %. **Түрлестері:** титаномагнетит (құрамына TiO_2 кіреді), хромомагнетит (Cr_2O_3 кіреді), кулсонит (ванадий кіреді), сирегірек кездесетін түрлестері Al_2O_3 (15 %), NiO (1,76 %), MnO (8,0 % дейін) бай болады.

Сингониясы кубтық, сирек кездеспейтін кристалдар октаэдрлік және ромбододекаэдрлік габитусты болады (22-сурет). Көпшілігінде

тұтас түйіршекті агрегаттар құрайды немесе магмалық таужыныстарда сеппелер түрінде кездеседі, ал қуыстарда магнетиттің друзаларын көруге болады. Түсі темірдей-қара, кейде көкшіл құлпырмасы бар, сызық түсі қара, магниттілік қасиеті өте күшті дамыған, жылтырлығы шала металша, қаттылығы 5,5–6, жарылымдары түзу емес.



22-сурет. Магнетиттің ромбододекаэдрі (1); ильмениттің қалың тақталы кристалы (2); колумбиттің тақталы және қысқа бағаналы кристалдары (3–4) және егіздігі (5); пироклордың октаэдрі (6)

Магмалық таужыныстарда: габбролар, қышқыл таужыныстарда, сиениттер, пегматиттер, метасоматиттік скарндарда, гидротермалық кенорындарында, аймақтық метаморфизмнің гнейстері және тақтатастарда, жер бетінде шөгінді шашылымдарда болады.

Магматиттерде – апатит, биотит, сфенмен; метасоматиттерде – гранат, пироксен, хлориттер, кальцит, сульфидтермен (пирит, халькопирит және басқалары) кездеседі. Магнетиттік кендердің құрамына 60,0 % Fe кіреді, оларды өте маңызды шикізат ретінде құрыш пен шойын құюға пайдаланады.

Хромит $FeCr_2O_4$. Аты химиялық құрамымен тікелей байланысты. Құрамында Al^{3+} , Fe^{3+} изоморфты қоспалары бар. Синонимі – хромдық теміртас.

Сингониясы кубтық, өте сирек октаэдрлік габитусты кристалдар құрастырады. Түсі қарадан қоңырқай-қараға дейін, сызық түсі қоңырлау және темекі түсті, қаттылығы жоғары 5,0–5,5. Өте жұқа пластинкаларда шала мөлдір және жылтырлығы шала металша. Изометриялық келбетте сирек кездеседі, әдетте ол домалақша немесе бұрыс пішінді сеппелер түрінде түгел түйіршекті агрегаттарда кездеседі.

Магмалық ультрамафиттік таужыныстарда және экзогендік шашылымдарда кездеседі.

Оливин, серпентин, магнетитпен бірге пайда болады.

Хромның кені болып табылады, металлургияда құрышқа қоспа ретінде қолданады, ол оның қаттылығы, тұтқырлығы және коррозияға төзімділігін ұлғайтады.

Ильменит $FeTiO_3$. Аты ол бірінші табылған жер Оралдың Ильмен таулары бойынша аталған. Синонимі – титанды теміртас. Химиялық құрамы: Fe 36,8 %, Ti 31,6 %. Изоморфты көп мөлшерде қоспа ретінде кіретін Mg (**пикроильменит**), кейде ол бірнеше пайыздай болады. Изоморфтық үздіксіз қатарлар бар: $FeTiO_3 - MgTiO_3$ және $FeTiO_3 - MnTiO_3$.

Сингониясы тригондық, кристалдар келбеті қалың-тақталы, ромбоэдрлік және пластинкалы. Ромбоэдр арқылы егіздіктер бар (22-сурет). Бұрыс пішінді сеппелер түрінде, сирек тұтас түйіршекті агрегаттар құрайды. Түсі темір-қара, қорғасынша-қара, сызық түсі қара немесе қоңырлау, жылтырлығы шала металша, қаттылығы 5,0–6,0, тығыздығы $4,72 \text{ г/см}^3$, жымдастығы жетілмеген, әлсіз магнитті, жарылымдары бақалшақтай.

Магмалық негізді таужыныстарда, сілтілі пегматиттерде, экзогендік шашылымдарда түзіледі.

Магмалық ильменит пироксендер мен плагиоклаздар, хлориттермен; сілтілі пегматиттерде сфен, далашпаттар, биотит және т.б. бірге кездеседі.

Металдық титанның ең маңызды кені болады. Құрыштың ерекше сорттарын өндіруде және титандық ақ бояу шығаруда пайдаланылады.

Колумбит $(Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6$, танталит $(Fe,Mn)(Ta,Nb)_2O_6$ – сингониялары ромбылық, екеуі де үздіксіз идиоморфтық қатар түзеді. Колумбит – химиялық элемент ниобийдің америкалық аты, химиялық құрамы тұрақсыз. Ниобий артқан кезде минерал колумбит деп аталады, тантал артса – танталит.

Кристалдары пластинкалы, тақташа, кейде қысқа бағаналы (22-сурет). Әдеттегі өздеріне тән пішіндер пинакоидтар, призмалар, дипирамидалар және басқалары. Түсі қара немесе қоңырқай-қара, сызық түсі қызыл, қара-қоңыр және қара-қызыл, жылтырлығы металша, жымдастығы орташа жетілген, жарылымдары түзу емес. Қаттылығы 6, мортты, тығыздығы $5,15-8,10 \text{ г/см}^3$. Колумбит электр тогын өткізеді.

Пегматиттік желілерде және экзогендік шашылымдарда болады.

Пегматиттік желілерінде – альбит, кварц, мусковит, турмалин, циркон, вольфрамит, касситерит, кейде самарскит және монацит.

Тантал мен ниобийдің өте маңызды кендері боп табылады.

Пирохлор $(Na,Ca)_2Nb_2O_6(F,OH)$, микролит $(Na,Ca)_2Ta_2O_6(F,OH)$.

Бұл екі минерал үздіксіз изоморфтық қатардың шеткі мүшелері болады. Құрамы өте тұрақсыз және изоморфтық қоспалар ретінде Ti , UO_2 , UO_3 , REE кіреді. Қатардың ішінде көптеген түрлестері бар.

Сингониясы кубтық кристалдары октаэдрлік пішінді, тұтас түйіршекті агрегаттар, изометриялық түйірлер және олардың жиынтықтарын құрайды (22-сурет). Пирохлордың түсі сарылау-қоңырқайдан қызылдау-қоңырқайға дейін; микролиттің – ашық-сарыдан қоңырқайға дейін. Бояуы жиі белдемді болады. Жылтырлығы шыныша, алмасшадан майшаға дейін және метамикті түрлестерінде шайырдай. Жарықтарында мөлдір, жымдастығы жоқ, қаттылығы 5–5,5, тығыздығы 4,2–6,4 г/см³, жарылымдары түзу емес бақалшақтайға дейін. Құрамына байланысты күшті немесе әлсіз радиоактивті болады.

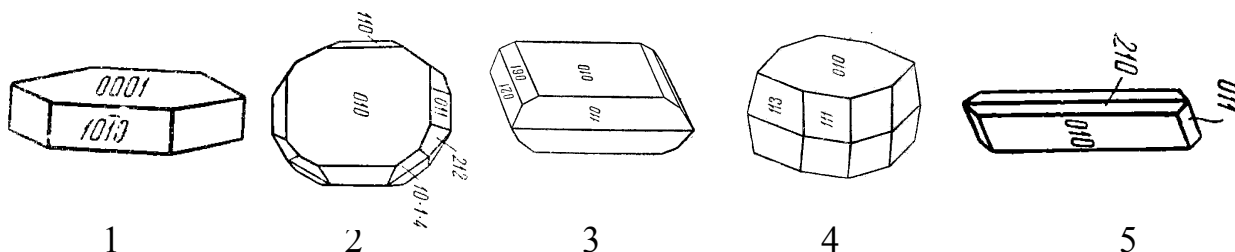
Сілтілі пематиттер және карбонатиттерде кездеседі. Нефелин, ортоклаз, ильменит, биотит, циркон, эгиринмен кездеседі.

Тантал және ниобий өнімдеуге шикізат болады, пирохлордан өте жоғары сапалы ниобий өнімдейді, ол атомдық өндірісте қажет (танталдың қоспасы жоқ).

Сулы тотықтар

Гидраргиллит $Al(OH)_3$. Аты «гидор» – «су», «аргиллос» – «ақ саз» деген грек сөзінен шыққан. Синонимі – гиббсит болады. Химиялық құрамы: Al_2O_3 . 65,4 %, H_2O 34,6 %, изоморфты қоспа ретінде Fe_2O_3 (2 %-ға дейін), сонымен қатар Ga_2O_3 (0,006 %-ға дейін).

Сингониясы моноклиндік, кристалдық құрылымы қабатты, кристалдардың келбеті алты бұрышты-тақталы (23-сурет), жиі сәулелі-жапырақша агрегаттар құрайды, кейде сауыс пішіндер, немесе бұршақ тәрізді және шеңбер тәрізді тасберіштер құрастырады. Ең бастысы ол жер бетінде жұқа қабыршақты немесе жасырын кристалды боп тарайды. Шөгінді бокситтердің құрамына кіреді, оларға ашық түсі тән, бокситтердің құрылымы пизолиттік-оолиттік. Кристалдары сирек кездеседі, жымдастықтары аса жетілген және жылтырлығы шыныша. Түсі ақ, немесе әлсіз сұр, жасылдау және қызыл түстерге боялады. Қаттылығы 2,5–3,5, тығыздығы 2,35 г/см³.



23-сурет. Гидраргиллиттің алты бұрышты-тақталы кристалы (1); диаспордың жұқа пластинкалы және тақташа кристалдары (2-3); бемиттің пластинкалы кристалы (4); гетиттің ине тәрізді және жұқа тақташа кристалы (5)

Генезисі гидротермалық, экзогендік (латериттерде, бокситтерде кездеседі).

Каолинит, темір тотықтарымен кездеседі.

Бокситтерден глинозем өндіріледі, ал одан алюминий қортылып шығарылады.

Диаспор $HAIO_2$. Аты «диаспора» деген грек сөзінен шыққан, ол «ыдырау» деп аударылады, қыздырғанда ұсақ бөлшектерге бөлініп кетуімен байланысты. Химиялық құрамы: Al_2O_3 85 %, H_2O 15 %, кейбір түрлестерінде Fe_2O_3 (7 %-ға дейін), MnO_2 (**мангандиаспор**), Cr_2O_3 (5 %-ға дейін), SiO_2 (4 %-ға дейін).

Сингониясы ромбылық, кристалдары жұқа пластинкалы кейде тақташа, агрегаттары жапырақша және жұқа қабыршақша (23-сурет). Түсі сарылау-қоңырқай, ақ, ашық-күлгін, жасылдау-сұр; сызық түсі ақ. Жымдастығы жетілген, жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында меруерт тәрізді, қаттылығы 6,0–7,0, тығыздығы $3,3-3,5 \text{ г/см}^3$, мортты.

Жаратылысы: метасоматиттік, гидротермалық, экзогендік, метаморфтық.

Метасоматиттік, гидротермалық жаратылыста: корунд, мусковит, гематит, рутил, хлорит, кальцит, кейде турмалин, сульфидтермен болады. Экзогендік бокситтерде – гидраргиллит, бемит, темірдің сулы тотықтары, кремнийдің тотықтарымен кездеседі. Метаморфтық – корунд, хлоритоид, дистенмен жаратылады.

Алюминий қортылып шығарылады.

Бемит $AlO(OH)$. Аты бірінші боп рентгенометриялық әдіспен оны ашқан Беммен байланысты қойылған. Химиялық құрамы диаспордікіндей, сингониясы ромбылық, диаспордың полиморфты түрлесі (23-сурет), әдетте бокситтермен байланысты жасырын кристалды агрегаттар түзеді. Түсі түссіз немесе сарылау-ақ,

жылтырлығы шыныша, қаттылығы 3,5, жымдастығы жетілген, тығыздығы 3,01–3,06 г/см³.

Генезисі – экзогендік (бокситтерді құрайды).

Гидраргиллит, цеолиттермен бірге жаратылады, алюминий өндіріледі.

Гетит $FeO(OH)$. Аты XVIII ғасырдың ұлы неміс ақыны В.Гётенің құрметіне аталған.

Сингониясы ромбылық, түсі қара-қоңырдан сары-қоңырлауға дейін, сызық түсі қоңырлау-сары, жылтырлығы шала металша және қаттылығы 5,5, тығыздығы 3,3–4,3 г/см³. Тығыз, қуыстық, мұрын, бүйрек тәрізді агрегаттар, жеодалар, сталактиттер, сталагмиттер, оолиттік түзілімдер құрайды. Кристалдары ине тәрізді, талшықты, табақша, және қабыршақты (23-сурет). Колломорфтық және метаколлоидты массалар құрастырады. **Түрлесі** құрамында су артқан жасырын кристалды түзілім **гидрогетит**.

Жаратылысы – экзогендік.

Лимонит, сфалерит, пирит, кальцит, барит, галит, сильвинмен кездеседі.

Металлургияда шойын және құрыш балқытуға пайдаланады.

Лимонит $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$. Аты «лемон» – «жайылым» деген грек сөзінен шыққан, оның саз балшықтарда пайда болуын көрсетеді. Қоңырқай теміртас деп гетит пен лимониттің кремнезем су тотықтары және сазды заттар қоспаларын айтады.

Табиғатта лимонит тотыққан, қоңырлау, қоңыр қабықтар, жағылымдар, сауыс пішіндер – «қоңырқай шыныша бас», жер тәрізді және жосалар сияқты агрегаттар түзеді, конкреция мен оолиттер құрайды. Жылтырлығы металша және шала металша, түсі ашық-қоңырқай, сары-қоңырқай. Қаттылығы физикалық жағдайына байланысты 1-ден 4-ке дейін. Қыздырғанда шыны түтікте су бөліп шығарады.

Темір құрамды минералдардың моруы кезінде пайда болады.

Гетит, сфалерит, пирит, кальцит, барит, галит, сильвинмен парагенетикалық ассоциация құрайды. Жиі пирит пен марказиттер және т.б. бойынша псевдоморфозалар құрастырады.

Металлургияда шойын және құрыш балқытуға пайдаланады.

Манганит $MnO(OH)$. Аты минералдың құрамына қарай берілген. Қоспалары, әдетте механикалық.

Сингониясы – моноклиндік. Друзалар тұтас, жер тәрізді және сауыс пішінді болады. Қара түсі, қоңырқай сызығы, металша жылтырлығымен, орташа қаттылығы 4, тығыздығы $4,3 \text{ г/см}^3$ және кристалдардың пішінімен белгіленеді. Кристалдары бағаналы, ұзаруы бойынша қатты сызықталған.

Жаратылысы – төмен температуралы гидротермалық желілік және шөгінді.

Гидротермалық желілерде: барит, кальцит, сидеритпен бірге кездеседі.

Марганецтің шөгінді кенорындарында пиролюзитпен бірге кездеседі.

Марганецтің маңызды кені болады.

Псиломелан $m\text{MnO} \cdot n\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Аты «псинос» – «тақыр» және «мелас» – «қара» деген грек сөздерінен шыққан. Синонимі – қара шынылы бас. Химиялық құрамы MnO_2 60–80 %, MnO 8–25 %, H_2O % (судың көпшілігі 110° жоғары температурада бөлініп шығады).

Сингониясы ромбылық, сауыс пішіндерде кездеседі, олар белдемді және бүйрек тәрізді, түгел тығыз агрегаттар, оолиттер, тасберіштер және дендриттер құрастырады. Түсі қара, кейде қоңырлау-қара, сызық түсі әдетте қара, жылтырлығы шала металша, борпылдақтарда күңгірт, қаттылығы 4–6, тығыздығы $4,4\text{--}4,7 \text{ г/см}^3$. **Түрлестері:** **вад** – борпылдақ, жер тәрізді, қаттылығы төмен 1–2; **абсолан** – кобальттің қоспасы бар, кобальттің кені боп табылады.

Экзогендік қышқылдану белдемдерінде және гидротермалық жаратылыста болады.

Экзогендік псиломелан браунит, гаусмонит, марганец силикаттары және карбонаттарымен бірге болады. Гидротермалық жаратылыста – браунит, кварцпен.

Пиролюзитпен қатар ең маңызды ферромарганец өндірілетін кен болады.

Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – аморфты, ол қатты гидрогель боп саналады, саусты түзілімдер құрайды, жарылымдары бақалшақтай. Құрамындағы су 1–5 өте сирек 34 %-ға дейін. Барлық опалдар кәдімгі температурада судың бір бөлігінен құтылады, 100° -қа қыздырғанда опалдардың біреуі басты су бөлігін жоғалтады, екіншілері – температурасы жоғары болса ($100\text{--}250^\circ$), ал қалған бөлігі температурасы 250° -тан жоғары болса. Жеңіл ұшып кететін су гигроскопиялық және адсорбциялық. Бөтен қоспалар ретінде темір,

алюминий, марганецтің сулы тотықтары, органикалық заттар, кейде CaO , MgO , сирегірек сілтіліктер NaF (7 %-ға дейін). Адсорбциялық қоспалары 10 %-ға дейін жетуі мүмкін.

Физикалық қасиеттері арқылы түрлестері: Мөлдір және шала мөлдір түрлестері **асыл опалдар** деп аталады, оларға көк түстің әртүрлі реңкті опалесценциясы тән, олар сирек қызылдау болады. **Гидрофан** – жеңіл түрлесі, кепкен кезінде өте кеуекті және лайланған, ал суда қуыстары суға толғанда ол мүлде мөлдір болады.

Түсі сұр, ақ, кейде оған өте көрікті түрлі-түсті опалесценция тән. Жылтырлығы шыныша, күнгірт. Қаттылығы 5,5–6,0, тығыздығы 1,9–2,3 г/см³. Гипергендік мору қыртыстарында, қышқылдану белдемдерінде, шөгінді – биогендік диатомит, трепелдердің құрамына кіреді. Темір және алюминийдің сулы тотықтары, серпентенит, карбонаттармен, опалмен бір жаратылыста кездеседі. Асыл опалдар зергерлік тастар ретінде пайдаланылады. Диатомит, опока, трепелді отқа төзімді кірпіштер шығаруға қолданады.

Бақылау сұрақтары:

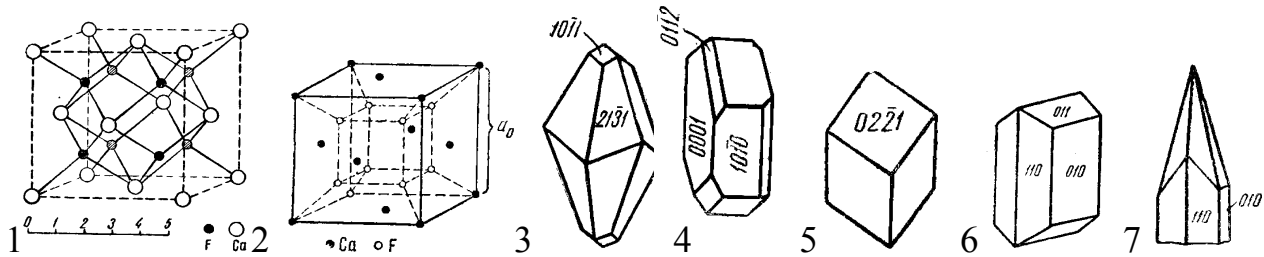
1. Қандай минерал темірдің кені болады, олардың ерекше белгілері?
2. Қандай жағдайларда темірдің сулы тотықтары жаратылады?
3. Қандай минералдар үздіксіз изоморфты қатарды құрайды?

Галогенидтер класының минералдары

Фторидтер табиғатта аз тараған минералдар болып табылады, олардың саны 15, ал ішіндегі ең бастысы флюорит болады.

Флюорит (балқыма шпат) CaF_2 – сингониясы кубтық, аты фтор элементінің латынша аты (флюорум) бойынша қойылған. Химиялық құрамы: Ca 51,2 %, F 48,8 %. Кейде изоморфтық қоспа ретінде Cl (көпшілігінде сары түрлесінде) болады. Кейбір жағдайларда битумдық заттар, газдар және сұйықтар бар болады. Басқа қоспалардың ішінен Fe_2O_3 , сирек жерлер, сирегірек уран (бірнеше пайызға дейін), фтор, гелий. Қуыстарда жақсы құралған кубтық, октаэдрлік және додекаэдрлік кристалдар кездеседі (24-сурет). Сирек кристалдар көлденеңінде 20–25 см-ге жетеді. Кейде кубтық жақтары сызықталған, егіздіктері жиі кездеседі. Агрегаттары жиі сеппелер, тұтас түйіршекті түрінде байқалады, сирек жер тәрізді болады. Флюориттің түсі сирек түссіз, көбінесе түрлі-түсті болады: сары,

жасыл, көк, күлгін, кейде күлгін-қара. Түстері қыздырғанда жоғалады және рентген сәулелердің әсерінен бояу қайта орнына келеді. Қаттылығы 4, мортты, жымдастығы октаэдр бойынша жетілген, меншікті салмағы $3,18 \text{ г/см}^3$. Бұл минералға флюорисценция тән, катодты сәулелерде минерал көкшіл-жасыл реңкті күлгін түспен сәулеленеді. Көбінесе гидротермалық, кейде шөгінді таужыныстарда да байқалады.



24-сурет. Флюориттің (1–2) кристалдық құрылымы; кальциттің скаленоэдрлік (4), тақташа (5), ромбоэдрлік (6) кристалдары. Арагониттің призмалық (6) және ине тәрізді кристалдары (7)

Гидротермалық кендік минералдармен, ал шөгінді таужыныстарда – гипс, ангидрит, кальцит, доломитпен бірге кездеседі. Металлургияда 70,0 %-ға жуық флюориттер көбінесе жеңіл балқитын қождар алуда қолданылады, оның (балқыма шпат) атауы да осыдан. Одан химиялық өндірісте әртүрлі фторлы қоспалар (балқыма қышқылы HF , криолит т.б.) өндіріледі.

Хлоридтер фторидтерге қарағанда көбірек тараған, олардың ішінде маңызды болатындары Na , K және Mg . Олар экзогендік жағдайларда қалың қабатты шөгінді тұзды жатындар түзеді.

Галит (тас тұзы) $NaCl$ – сингониясы кубтық, аты гректің «галос» – «теңіз», «тұз» деген сөзінен шыққан. Химиялық құрамы: Na 39,4 %, Cl 60,6 %, қоспалары механикалық, газ, сазды және органикалық заттар. Кристалдардың пішіні кубтық, сулы алқаптардың түбінде агрегаттары кристалтүйірлік қабықтар немесе пластиналар, тағы да друзалар құрайды. Түссіз немесе ақ түсті, қаттылығы 2, мортты, меншікті салмағы $2,1–2,2 \text{ г/см}^3$, жылтырлығы шыныша, мөлдір, жымдастығы куб бойынша жетілген, сызығы ақ, дәмі ащы. Электр тогын нашар, ал жылуды өте жақсы өткізеді, суда жақсы ериді. Көбінесе экзогендік – галит құрғақ климатта суы құрғаған тұзды көл мен шығанақтарда пайда болады. Гипс, ангидрит, сильвиндермен кездеседі. Галит тамақ, химиялық өндірістерде – тұз қышқылын

жасау, натрий алу, қара және түсті металлургияда, былғары илеу ісінде және т.б. қолданылады.

Сильвин KCl . Минералдың аты Сильвия де-ля Баш деген химиктің есімімен қойылған. Химиялық құрамы: K 52,5 %, Cl 47,5 %. Жиі ерітінділер мен газдардың қоспалары болады, ең бастысы азот, одан төменірек дәрежеде көмір қышқылы, сутегі, метан және гелий. Механикалық қоспалардан жиі $NaCl$, Fe_2O_3 кездеседі. Құрамында KBr (0,1%), өте аз мөлшерде $RbCl$ және $CsCl$ изоморфты қоспалары ылғи болады.

Сингониясы, кристалдары кубтық, егіздіктер тән. Агрегаттары тұтас түйіршекті және бітімдері кейде қабатты болады. Таза түрлері судай-мөлдір және түссіз. Сүттей-ақ түс құрамына газдардың өте ұсақ кірмелерімен байланысты. Жарық-қызыл және қызғылт сильвиндер кристаллозольдар боп табылады, оларда зор дисперстік фазасында гаматиттің өте ұсақ бөлшектері кірген, олар тұз ерігенде тұнбада қалады. Жылтырлығы шыныша, қаттылығы 1,5–2, меншікті салмағы 1,97–1,99 г/см³, дәмі қышқылдау ащы, тіл үйіреді. Жылуды өте жақсы өткізеді. Суда жеңіл ериді.

Көбінесе экзогендік – сильвин галит сияқты суы құрғаған тұзды көл мен шығанақтарда пайда болады, бірақ сирек кездеседі.

Гипс, ангидрит, галиттермен кездеседі. Калий тұздары жерді құнарландыруға, 5,0 %-дайы химиялық өндірісте KOH , K_2CO_3 , KNO_3 , $KClO_3$, KJ және т.б. қоспалар шығаруға пайдаланылады. Бұл қоспаларды медицина, парфюмерия, пиротехника, фотография, жүн тазалау, қағаз, шыны (хрусталь мен бем шынысын шығаруға), лак және бояу т.б. өндірістерде қолданады.

Бақылау сұрақтары:

1. Галогенидтер класына қандай минералдардың тобы жатады?
2. Флюориттің диагностикалық қасиеттері қандай және ол қайда пайдаланылады?
3. Галит пен сильвиннің диагностикалау қасиеттері қандай және олар қайда пайдаланылады?

3.4. Карбонаттар, сульфаттар және ұсақ кластарының минералдары

Жай карбонаттар: кальцит $CaCO_3$, арагонит $CaCO_3$, магнезит $MgCO_3$, доломит $CaMg(CO_3)_2$, сидерит $FeCO_3$, церуссит $PbCO_3$, смитсонит $ZnCO_3$.

Кальцит $CaCO_3$. Мұны әкті шпат деп атайды, «кальс» – «әк» деген грек сөзінен шыққан. Химиялық құрамы: CaO 56,0 %, CO_2 44,0 %. Әдетте, қоспалары жоқ таза боп кездеседі, бірақ кейде құрамында Mn , Fe , Mg (8,0 %-ға дейін), сирек Zn (2,0 %-ға дейін), Sr (стронциокальцит), Pb (плюмбокальцит), Ba (барикальцит), тағы да Ce және Y қоспалары болып қалады.

Жиі, жақсы қырланған кристалдар түзеді, көптеген кальциттік друзалар белгілі. Қуыстарда кристалдар кездеседі, олардың пішіндері скаленоэдрлік, сирек такталы немесе пластинкалы, призмалы, бағаналы, ромбоэдрлік болады (24-сурет). Ірі, ұсақ кристалды, қабыршақты, қадалы және жұқа талшықты агрегаттар түрінде кездеседі. Сауыс пішіндер – сталактиттер және сталагмиттер де болады. Таза ірі кристалды, түссіз, күшті қос сынуы бар кальцит – **исланд шпаты** немесе **оптикалық шпат** деп аталады. Кальцит – табиғатта кең түрде тараған минерал және оның түрлері өте көп. Түсі ақ, сұр, сарғыш, қоңырқай (Fe) және қызғылт (Mn), сызық түсі түссіз. Гематиттің қоспалары оны қоңырқай-қызыл түске, хлорит пен малахит кірсе – жасылға, көмірлік зат – қараға бояйды. Қаттылығы 3, мортты, жарылымдары баспалдақтай, ромбоэдр бойынша жетілген, меншікті салмағы 2,6–2,8 г/см³, мөлдір, жылтырлығы шыныша, ал жымдастық жазықтарда меруерт тәрізді. Кальцитті сыртқы белгілерімен қатар оны HCl -мен реакциясы арқылы ажыратады.

Магмалық таужыныстарда өте сирек кездеседі, шөгінді биогендік және хемогендік әктастар құрайды; метаморфтық мәрмәрларда, гидротермалық скарндарда және карбонатиттерде басты минералы болады.

Парагенетикалық ассоциациясы: кварц, сульфидтер, силикаттар, тұздар және т.б.

Керіш және әк өндіруде, тағы да флюс ретінде металлургияда пайдаланады. Исланд шпаты ең құнды оптикалық шикізат болады, мәрмәрлар гимараттарды қаптауға қолданады.

Арагонит CaCO_3 . Минералдың аты Испаниядағы Арагония деген жер аты бойынша қойылған, сонда бірінші табылған. Химиялық құрамы кальциттікіндей, жиі құрамына Sr 5,6 %-ға дейін (**стронциоарагонит**), Pb 6,6 %-ға дейін (**плюмбоарагонит**), тағы да Mn , Fe және Zn 10,0 %-ға дейін (**нихольсонит**) қоспалары кіреді.

Сингониясы ромбылық, кристалдардың келбеті призмалық, ине, қада тәрізді, олардың ұштары қырланған, егіздіктер, үштіктер, төрттіктер және күрделі полисинтетикалық егіздіктер құрайды (24-сурет). Агрегаттары жиі қада тәрізді, радиалды-сәулелі, және жұлдыз тәрізді біріккен индивидтер болады. Тағы да кристалдық қабық тәрізді, сауыс және шеңберлі пішінді, бүйрек тәрізді, оолиттік, радиалды-сәулелі, гүлдің сабақтарындай өрілген түрлері де кездеседі. Моллюскалардың бақалшақтарының ішкі меруертті (інжулі) жақтарын арагониттің өте жұқа пластинкалары құрайды. Түсі ақ, сарғылт-ақ, кейде ашық-жасыл, күлгін және сұр. Кристалдары жиі мөлдір және түссіз, жылтырлығы шыныша, жарылымдарда майша. Қаттылығы 3,5–4,0, мортты, тығыздығы 2,9–3,0 г/см³, жымдастығы жоқ деуге болады, жарылымдары бақалшақтай. Тұз қышқылында еріп, қатты қайнайды.

Жаратылысы: шөгінді – биогендік және хемогендік, төмен температуралы гидротермалық.

Биогенді және хемогенді арагонит – сомтума күкірт, сидерит, марганецті минералдар, гипс, целестинмен кездеседі; гидротермалықта – доломит, гипс, сазды минералдар бірге болады.

Құрылыс өндірісінде керіш және отқа төзімді заттар өндіруде, химия өндірісінде және металлургияда пайдаланылады.

Магнезит MgCO_3 . Ол Фессалиядағы (Греция) Магнезия аймағының атымен қойылған. Синонимі – магнезиялық шпат. Химиялық құрамы MgO 41,6 %, CO_2 52,4 %. Изоморфты қоспалары ретінде Fe , сирек Mn және Ca . Метаколлоидтық түзілімдерде механикалық қоспалар ретінде опал немесе халцедон (бірнеше пайыздай), Al_2O_3 сазды зат түрінде, H_2O кейде доломит.

Сингониясы тригондық, кристалдары сирек кездеседі. Жиі ірі түйірлік агрегаттар құрастырады, мору кенорындарында фарфор тәрізді метаколлоидты массалар тән. Түсі ақ, кейде сарғыш және сұр реңк береді, жылтырлығы шыныша, қаттылығы 4–4,5, мортты, жымдастығы ромбоэдр бойынша жетілген, меншікті салмағы 2,9–3,1 г/см³.

Мору процестерде, магмалық ультрамафиттердің гидротермалық өзгеруінде пайда болады.

Біріншісінде – серпентин, тальк, опал; ал гидротермалық-метасоматиттікте – доломит, кальцит, барит, хлорит, кварц, пирит, халькопирит, күнгірт кендер бірге болады.

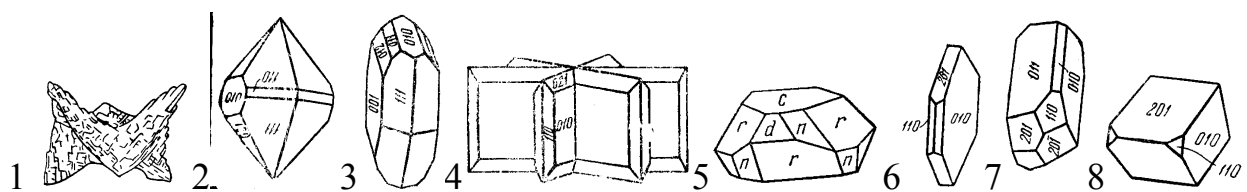
Керіш және әк өндіруінде, флюс ретінде металлургияда пайдаланылады.

Доломит $CaMg[CO_3]_2$. Аты доломитті бірінші ашқан француз минералогі Доломьенің құрметіне қойылған. Химиялық құрамы: CaO 30,4 %, MgO 21,7 %, CO_2 47,9 %. Құрамында CaO және MgO қоспалары ауыспалы аз мөлшерде кездеседі. Изоморфты қоспалар ретінде Fe , кейде Mn , сирек Zn , Ni , Co , битумның және басқа қоспаларында байқалған.

Сингониясы тригондық, кристалдары ромбоэдрлік, егіздіктер кездеседі, агрегаттары кристалтүйірлік, жиі кеуекті, сирек жасырын кристалды, бүйрек тәрізді, домалақ болады. Түсі сұрша-ақ, кейде сарғыш, қоңырқай, жасылдау, қызылдау реңк береді, жылтырлығы шыныша. Қаттылығы 3,5-4,0, мортты, жымдастығы ромбоэдр бойынша жетілген, жымдастық жазықтығы көбінесе майысқан (ертоқым тәрізді) болады (25-сурет), тығыздығы 1,8–2,9 г/см³. Кальцитпен қатар кен тараған таужыныс құрайтын минерал болады.

Гидротермалық кенорындарда, шөгінді карбонатты қабаттарда, тұзды сулы алқаптарда кездеседі.

Гидротермалық доломиттер – магнезит, кальцит, сульфидтер, кварц және т.б. бірге кездеседі. Тұзды сулы алқаптарда – гипс, ангидриттермен түзіледі.



25-сурет. Карбонаттардың кристалдар пішіні

Доломиттің ертоқым тәрізді иілген жақтары (1); церусситтің псевдогексагондық (2) және тақташа кристалдары (3) және призма бойынша біріккен үштігі (4); азуриттің кристалы (5); бариттің тақташа (6), призмалық (7) және изометриялық (8) кристалдары

Құрылыста – құрылыстық тас ретінде, асбестпен бірге термоизоляция жасауда, отқа төзімді материал және флюс ретінде металлургияда, химиялық өндірістерде және т.б. пайдаланады.

Смитсонит $ZnCO_3$. Вашингтонда Смитсондық университет ашқан Дж. Смитсонның құрметіне аталған. Синонимі – мырышты шпат. Химиялық құрамы: ZnO 64,8 % (Zn 52 %), CO_2 35,2 %. Изоморфты қоспалары ретінде жиі Fe , Mn , Mg кейде Co , сирек Cd (0,5 %-ға дейін), In және т.б.

Сингониясы тригондық, сирек кездесетін кристалдары ромбоэдрлік және скаленоэдрлік. Әдетте, жер тәрізді, тығыз жасырын кристалды агрегаттар құрастырады, пішіндері сауыс немесе қабықша, кеуекті болады. Түсі ақ, сәл жасылдау, қоңырқай немесе сұр реңкі тән, жылтырлығы шыныша. Қаттылығы карбанаттардың ішіндегі ең жоғарғы 5, мортты, жымдастығы кристалды түрлерінде ромбоэдр бойынша жетілген, меншікті салмағы 4,1–4,5 г/см³.

Әктастармен жапсар орналасқан метасоматиттік сульфидтердің қорғасын-мырыш кенорындарының төменгі тотығу белдемдерінде түзіледі.

Галенит, сфалерит, мырыш силикаттары, лимониттермен бірге кездеседі.

Смитсониттік кендер мырыштың көзі болып табылады.

Церрусит $PbCO_3$. Аты латын тілінің «церусса» – «ақ бояу» деген сөзінен шыққан. Синонимі – ақ қорғасын кені. Химиялық құрамы: PbO 83,5 % (Pb 77,5 %), CO_2 16,5 %. Механикалық қоспалар ретінде PbS және Ag_2S тозаңдары оны қара түске бояйды, сирегірек $ZnCO_3$.

Сингониясы ромбылық, кристалдары псевдогексагонды-дипирамидалы, дипирамида (111), призма (021) жақтарымен, пластинкалық және тақталы болады (25-сурет). Екілік және үштік егіздіктер жиі кездеседі. Агрегаттары тұтас түйіршекті, пішіндері сирек сауыс, жасырын кристалды және жер тәрізді болады. Кейде ақ талшықты агрегаттар құрайды. Түсі, әдетте ақ сұрша, жасылдау немесе қоңырқай реңктер береді. Темірленгендері қоңырқай түс береді, өте сирек қара түсті болады. Жылтырлығы алмасша, кейде шыныша, жарылымдары түзу емес, бақалшақтай болады. Қаттылығы 3,0–3,5, мортты, тығыздығы 6,4–6,6 г/см³.

Сульфидтердің қорғасын-мырыш кенорындарының тотығу белдемдерінде түзіледі.

Галенит, кальцит, англезит, флюориттермен бірге кездеседі.

Қорғасын өндіретін құнды кен болады.

Сидерит $FeCO_3$. Аты «сидерос» – «темір» деген грек сөзінен шыққан. Химиялық құрамы FeO_2 62,1 % (Fe 48,3 %), CO_2 37,9 %. Изоморфты қоспалар ретінде жиі Mg , Mn , тағы да CaO , SiO_2 , Al_2O_3 және т.б. кездеседі.

Сингониясы тригондық, кристалдары ромбоэдрлік, кейде сыртқы қабаттары қабыршақтанады, және ертоқымға ұқсас майысқан түрлері кездеседі. Агрегаттары кристалтүйірлік, конкрециялықта (**сферосидерит**) жасырын кристалды немесе радиалды-сәулелі құрылымды болады. Жер тәрізді, сауыс, оолиттік және басқа пішіндерде кездеседі. Түсі сарғыш-ақ, сұрша, кейде жасылдау немесе қоңырқай реңкті болады, моруған кезде қоңырқай түске айналады. Жылтырлығы шыныша, қаттылығы 3,5–4,5, мортты, ромбоэдр бойынша жымдастығы жетілген, тығыздығы $3,9 \text{ г/см}^3$.

Төмен температуралық гидротермалық қорғасын-мырыш және сульфидтік желілік кенорындарында; шөгінді сидерит кенорындары шығанақ және теңіз жағалауларында; метаморфталған шөгінді темірдің кенорындарында пайда болады.

Гидротермалық желілерде – пирротин, халькопирит, темірлі хлориттер, анкерит және т.б. бірге кездеседі Жер бетінде конкрецияларда – саздар, силикаттар, лимонитпен пайда болады.

Көп мөлшерде кездесе, темір кенорындары ретінде қарастырылады және темір өндіруге қолданады.

Күрделі карбонаттар: малахит $Cu_2[CO_3](OH)_2$, азурит $Cu_3[CO_3]_2(OH)_2$.

Малахит $Cu_2[CO_3](OH)_2$. Аты грекше «малахе» – «мальва (өсімдік)» деген сөзден шыққан. Сірә, оның жасыл түсіне ұқсатып қойылған шығар. Химиялық құрамы: CuO 71,9 % (Cu 57,4 %), CO_2 19,9 %, H_2O 8,2 %, өте аз мөлшерде CaO , Fe_2O_3 , SiO_2 және басқа қоспалары кездеседі.

Сингониясы моноклиндік, кристалдары сирек кездеседі, олар призмалық, сауыс агрегаттары бүйрек тәрізді, құрылымы радиалды-сәулелі болады. Жер тәрізді агрегаттар кездеседі. Түсі жарық-жасыл, кейде қара-жасыл болады, сызығының түсі ақшыл-жасыл. Жылтырлығы шынышадан алмасшаға дейін, талшықтыларда жібекше. Қаттылығы 3,5–4,0; мортты, меншікті салмағы $3,9\text{--}4,1 \text{ г/см}^3$, жымдастығы (001) жағында орташа.

Мыс сульфидтік кенорындарының тотығу белдемдерінде болады, әсіресе оларды әктастар сыйыстырса.

Парагенетикалық ассоциациясы: азурит, куприт, сомтума мыс, атакамит, кальцит, халькопирит, лимонит. Малахит – азурит, куприт, сомтума мыс, атакамит, кальцит, халькопириттер бойынша псевдоморфозалар құрайды.

Малахиттің әдемі ірі түрлері әртүрлі көркемдік, зергерлік істерде, ұсақтары бояуға жұмсалады; сеппелі жер тәрізділері басқа мысты кендермен мысты қорытуға пайдаланылатын кен болып табылады.

Азурит $Cu_3[CO_3]_2(OH)_2$. Аты француздың «азурэ» – «көгілдір» деген сөзінен шыққан. Синонимі – мыс лазуры. Химиялық құрамы: CuO 69,2 % (Cu 55,3 %), CO_2 25,6 %, H_2O 5,2 %, кристалдар химиялық тұрғыдан алғанда таза болады.

Сингониясы моноклиндік, кристалдарының пішіні қысқа бағаналы немесе призмалық, тағы да қалың тақташа да болып келеді (25-сурет). Тұтас түйіршекті, радиалды-сәулелі, жер тәрізді агрегаттар құрайды. Түсі қарауытты-көк, жер тәрізділерде көгілдір, сызығы көгілдір, жылтырлығы шыныша. Қаттылығы 3,5–4, мортты, жымдастығы орташа, меншікті салмағы 3,7–3,9 г/см³.

Жаратылысы малахитпен бірге, бірақ олар сілтілігі төмендеу ортада пайда болады.

Малахит, лимонитпен кездеседі.

Басқа оттегі құрамды мыс қоспаларымен металлургиялық пештерге қорытуға барады.

Оны көк бояу алу үшін пайдалануы мүмкін.

Сульфаттар класы

Сульфаттардан қарастыратын минералдар: **сусыз сульфаттар** – барит $BaSO_4$, целестин $SrSO_4$, ангидрит $CaSO_4$; және сулы: гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ болады. **Күрделі сульфаттарға** ярозит $KFe_3[SO_4]_2(OH)_6$ жатады.

Барит $BaSO_4$. Аты грекше «барос» – «ауыр» деген сөзден шыққан, тығыздығы жоғары болуымен байланысты. Химиялық құрамы: BaO 65,7 %, SO_3 34,3 %. Қоспалары ретінде Sr , Ca , олар 2 %-дан жоғары болмайды, кейде Pb , Ra белгіленеді.

Кристалдардың келбеті тақташа, сирек призмалық, бағаналық, изометриялық болады (25-сурет). Әдетте, полисинтетикалық егіздіктер байқалады, агрегаттары түйіршекті, тығыз, жасырын

кристалды, жер тәрізді болады. Сталактиттер және сталагмиттер және т.б. сауыс пішіндер құрайды, ішкі құрылымы концентрлік-белдемді. Радиалды-сәулелі – сферолиттік құрылымы бар тасберіш құрастырады. Қуыстарда кристал друзалары пайда болады. Ақ түсті минералдардың ішіндегі ең ауыры осы барит. Минералдың түсі түссіз, қардай-ақ, сарғыштау, көгілдір, жасылдау, қызылдау. Түсі құрамына кіретін гематит, сульфидтер, органикалық заттардың механикалық қоспаларымен байланысты болады. Жылтырлығы шыныша, кейде меруерт тәрізді. Қаттылығы 3–3,5, мортты, жымдастығы жетілген, меншікті салмағы 4,3–4,7 г/см³.

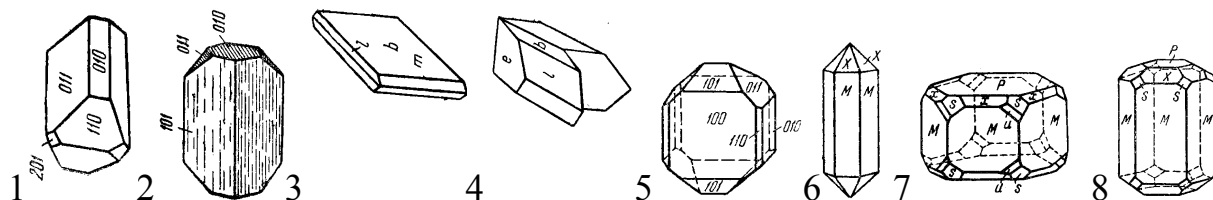
Гидротермалық, гипергендік, шашылымдарда кездеседі.

Гидротермалық барит – кварц, кальцит, пирит, галенит, сфалерит, киноварь, флюоритпен бірге кездеседі; жиі барит желілерді құрайды.

Барийдің негізгі көзі болады, резеңке және қағаз өндірістерінде, жоғарғы сапалы бояу (ақ бояу) жасауға қолданылады. Ұңғымаларды бұрғылауда сазды ерітінділердің ауырлатқышы ретінде; тұсқағаздар, линолеум, клеенка жасауда толықтырғыш материал ретінде; барий тұздары медицинада (рентген сәулесінен сақтану үшін зертхана қабырғаларын сылайды) және ауылшаруашылығында зиянкестермен күресуге, барий радиолампарында қолданылады.

Целестин $SrSO_4$. Аты «целестис» – «аспандай» деген латын сөзінен шыққан, мүмкін көпшілігіне тән нәзік-көгілдір түсіне байланысты қойылған шығар. Сирек кездесетін, бірақ стронций құрамды минералдардың ішіндегі басты минералы болады. Химиялық құрамы: SrO 56,4 %, SO_3 43,6 %, кейде Ca және Ba кіреді. **Баритоцелестиндер** белгілі, құрамында BaO 20–26 %-ға дейін.

Сигониясы ромбылық кристалдары бариттің кристалдарына ұқсас, келбеттері әдетте тақталы, бағаналы және призмалық (26-сурет). Агрегаттары түйіршекті, сирек қадалы, желішекті, қабықша, сауыс пішінді. Қуыстарда конкрециялар, секрециялар, друзалар құрайды. Түсі көгілдірлеу-ақ немесе көгілдірлеу-сұр, сирек қызылдау немесе сарылау реңк береді. Кейде түссіз су сияқты мөлдірлері табылады. Жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында меруерт тәрізді құбылма тән. Қаттылығы 3,0–3,5, мортты, жымдастығы (010) жағында жетілген, ал (201) орташа, тығыздығы 3,9–4,0 г/см³.



26-сурет. Сульфаттар және фосфаттардың кристалдар пішіні
 Целестин (1) және ангидриттің (2) призмалық кристалдары; гипстің
 пластинкалық (3) кристалы және егіздігі (4); моноциттің тақташа кристалы
 (5); апатиттің қада тәрізді (6), қысқа бағаналы (7) және призмалық (8)
 кристалдары

Жаратылысы: төмен температуралы гидротермалық, хемогендік-шөгіндік.

Гидротермалық целестин – галенит, сфалерит және басқа сульфидтермен бірге кездеседі. Хемогенді-шөгіндік – гипс, ангидрит, кейде барит, сомтума күкірттермен. Стронцийдің және стронцийлік тұздардың негізгі кені болады, олар қант өндірісінде және пиротехникада пайдаланылады.

Ангидрит $CaSO_4$. Ангидрит – сусыз деген мағынаны түсіндіреді. Химиялық құрамы: CaO 41,2 %, SO_3 58,8 %. Қоспа ретінде құрамына Mn , Mg , Sr , Ba , REE кіреді. Жақсы құралған кристалдар сирек (26-сурет), әдетте тығыз әрқелкі түйірлік агрегаттар құрастырады, радиалды- және параллель-талшықты жиынтықтар құрастырады. Түсі ақ, көбінесе көгілдірлеу, сұрша, ақшыл-күлгін. Түстері механикалық қоспалармен байланысты. Жылтырлығы шынышадан майшаға дейін және жымдастық жазықтарында меруерттей. Қаттылығы 3–3,5, мортты, меншікті салмағы $2,8–3,0 \text{ г/см}^3$, жымдастығы жетілген және орташа жетілген, жарылымдары түзу емес, жанқаша, ал ірі түйірлілерде – баспалдақтай.

Жаратылысы: гидротермалық, хемогендік-шөгіндік, гипстің метаморфтық дегидратация процестерінде.

Гидротермалық – сульфидтермен бірге кездеседі. Хемогенді-шөгіндік жағдайда – гипс, галит, сильвин, карналиттермен кездеседі.

Керіштің ерекше түрлерін өндіруде қолданылады.

Гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Синонимі – жеңіл шпат. Гипс деген аты грек сөзінен жаралған. Химиялық құрамы: CaO 32,5 %, SO_3 46,6 %, H_2O 20,9 %. Құрамында $CaCO_3$, $NaCl$, SiO_2 және сазды минералдардың механикалық аздаған қоспалары болады.

Сингониясы моноклиндік, кристалдары тақташа, сирек бағаналы немесе призмалық келбеттері (26-сурет). Егіздіктері – «қарлығаштың құйрығы» тәріздес болып кездеседі. Друза тәрізді топтасып өскен денелер тән, кейде «гипстің раушангүлі» тәрізді друзалар құрайды. Тұтас әркелкі түйірлік, тығыз мөлдір немесе шала мөлдір және майда түйірлік мәрмәр тәрізді түзілімдер кездеседі. Кейде тығыз жібекше жылтырлығы бар параллель-қадалы немесе параллель-талшықты агрегаттар құрайды, ол гипстің **селенит** деген түрі болады. Таза гипс түссіз мөлдір немесе қардай-ақ. Тағы да сұр, көгілдір, сарылау, қоңырқай және қара да болады, ол құрылымының радиациялық ақауларымен және кристалдануы кезінде иеленген механикалық қоспаларымен байланысты. Жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында меруерттейге дейін, ал талшықты агрегаттарда жібекше болады. Жымдастығы бір бағытта аса жетілген. Жарылымдары баспалдақтай, қада тәрізділерде – жаңқадайға дейін. Қаттылығы 1,5–2, тырнақпен тырналады, өте мортты, меншікті салмағы 2,3 г/см³.

Теңіздің химиялық шөгіндісі, теңіздің суы буланып кеткенде кальций карбонаттардан кейін, галиттен бұрын түзіледі. Ангидриттің гидратациясынан пайда болады. Сульфидтік кенорындардың тотығу белдемдерінде және сомтума күкіртпен бірге кездеседі. Тас тұздардың және басқа тұздардың, әртүрлі таужыныстардың мору қыртыстарында, төмен температуралық және қысымдық гидротермалық сульфидтік кенорындарында, жанартаулардың қастарында, әсіресе бу мен газдар атқылаған ыстық арасан көздері маңында кездеседі.

Парагенетикалық ассоциациясы: кальцит, арагонит, галит, ангидрит; пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, малахит, кварц.

Қағаз және құрылыс өндірістерінде шикізат ретінде, бояу, эмальдар шығаруға пайдаланылады. Көркемдік бұйымдар жасауға, мүсіндік өндірісте, медицинада қолданылады.

Күрделі сульфаттар

Ярозит $KFe_3 [SO_4]_2(OH)_6$. Бірінші табылған Испаниядағы Барранко Ярозо деген елді-мекен атымен аталған. Синонимі – ютаит. Химиялық құрамы: K_2O 9,4 %, Fe_2O_3 47,9 %, SO_3 31,9 %, H_2O 10,8 %. Сирек емес аз мөлшерде натрий және селен, ал механикалық қоспалардың арқасында SiO_2 , Al_2O_3 және басқалары кездеседі.

Сингониясы тригондық, тұтас түйіршекті немесе жер тәрізді түзілімдер құрайды, қуыстарда ұсақ друзалары болуы мүмкін. Түсі жосадай-сары, жиі қоңырқай реңкті болады, сызығы сары, жылтырлығы шыныша, алмасшаға жақын. Қаттылығы 2,5–3,5, жымдастығы жетілген, тығыздығы 3,15–3,26 г/см³.

Құрғақ климатта темірлі сульфидтердің, әсіресе пирит кенорындарының тотығу белдемдерінде пайда болады.

Парагенетикалық ассоциациясы: темір сульфидтері, әсіресе пирит, марказит, сазды минералдар. Ярозит, пирит кубтары, марказит конкрециялары және саздардағы пириттер бойынша псевдоморфозалар құрайды.

Тегістегіш ұнтақ өндіруге пайдаланылады, олар пештерде күйдіруден пайда болады.

Ұсақ кластарында фосфаттар, арсенаттар, вольфраматтар және молибдаттар қарастырылады.

Фосфаттар класы

Моноцит (Ce,La...)/PO₄. Аты «монадзейн» – «оңаша болу» деген грек сөзінен шыққан. Әдетте жалғыз, оңаша кристалл боп кездеседі. Химиялық құрамында Ce,La – сирек жерлердің тотықтар мөлшері 50,0–68,0 %; изоморфты қоспа ретінде Y₂O₃ (5,0 %-ға дейін), ал P₂O₅ ауыспалы мөлшері 22,0–31,5 % арасында, жиі ThO₂ (5,0-10,0 %, кейбір жағдайда 28,8 %-ға дейін), сирек ZrO₂ (7,0 %-ға дейін) және солармен бірге SiO₂ (6,0 %-ға дейін), ал кейде CaO және сонымен бірге SO₃ болады. Сонымен, моноцитке кристаллохимиялық тұрғыдан қарағанда гетероваленттік изоморфизм тән.

Сингониясы моноклиндік, кристалдарының келбеті тақташа, сирек призмалық, изометриялық және пирамидалық (26-сурет). Жиі жақтары сызықталған, егіздіктер тән, майда кристалдар түрінде жиі кездеседі, кейбір оңаша түрлерінің салмағы бірнеше килограммға жетеді. Түсі сарғыш-қоңырқай, қоңыр, қызыл, сирек жасылдау болады, сызық түсі ақ. Жылтырлығы күшті шыныша, майша. Қаттылығы 5,0–5,5, мортты, жымдастығы жетілген, құрамында ThO₂ болса – радиоактивті болады.

Ол сирек кездесетін минерал болады. Қышқыл және сілтілі магмалық таужыныстарда және олардың пегматиттерінде акцессорлық минералдар ретінде, және метаморфтық гнейстерде кездеседі. Құрамында моноцит бар граниттер мен гнейстердің мору

түзілімдерінен пайда болған экзогендік шашылымдар да түзіледі. Гидротермалық доломиттердің желілерінде де болады.

Далашпаттар, плагиоклаздар, кварц, циркон, ильменит, магнетит, доломиттермен бірге кездеседі.

Сирек жерлер және торийдің басты көзі болады, өндірісте пайдаланылатыны шашылымдар ғана.

Апатит $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl,OH)$. Аты «апатао» – «алдаймын» деген грек сөзінен шыққан, мүмкін оны бірнеше ұзынша болып өсетін кристалдармен (берилл, турмалин т.б.) шатастырғанымен байланысты шығар. Химиялық құрамы: фторапатиттің – CaO 55,5 %, P_2O_5 42,3 %, F 3,8 %; хлорапатиттің – CaO 53,8 %, P_2O_5 41,0 %, Cl 6,8 %. Жиі F мен қатар аз мөлшерде Cl , OH және CO_3 кездеседі. Фторапатит кен тараған.

Сингониясы гексагондық, кристалдары гексагондық, дипирамидалық-призмалық габитус та болады (26-сурет). Агрегаттары түйіршекті, тығыз, жұқа кристалдық және жер тәрізді. Түсі түссіз, ақ, жиі ақшыл-жасылдан зүбаржаттай-жасылға дейін, көгілдір, сары, қоңырқай, күлгін; мөлдір; жылтырлығы шыныша. Қаттылығы 5, мортты, меншікті салмағы 3,18–3,21 г/см³, кейде радиоактивті.

Апатиттің шөгінді таужыныстар арасында кездесетін қара-сұр және қара түсті агрегаттарының, көбінесе тасберішті түрін – **фосфорит** деп атайды. Магмалық акцессорлық минерал ретінде, ал пегматиттерде ірі кристалдары белгіленеді; гидротермалық-желілік, метасоматиттік, биохемотренді шөгіндік және метаморфтық болады; әктастардың моруында пайда болады.

Магмалықтарда – силикаттармен (нефелин, сфен, кейде циркон, везувиан және т.б.); гидротермалық желілерде – касситерит, флюорит және т.б.; кальцитпен бірге пайда болады.

Апатит және фосфориттердің 90 %-ы өте құнды минералдық тыңайтқыштар болып табылады. Апатит химиялық өндірістерде сіріңке жасау, фосфор өндіру, керамика, фтор қосындыларын алуда пайдаланылады.

Бирюза $CuAl_6[PO_4]_4(OH)_8 \cdot 5H_2O$. Аты парсыша ежелгі «**феруза**» атынан шыққан. Ерте заманда оны **каллаит** деп те атаған, темірге (Fe_2O_3 – 20-21 %) бай түрлесін **рашлеит** деп атайды. Химиялық құрамы: CuO 9,17 %, Al_2O_3 36,84 %, P_2O_5 34,12 %, H_2O 19,47 %, т. б. қопалары болып тұрады.

Сингониясы моноклиндік, кристалдары сирек кездеседі, әдетте бұл минерал жасырын кристалды, бүйрек тәрізді пішіндер немесе қабықтар, желішектер және бұрыс пішінді агрегаттар құрайды. Түсі әдемі аспандай-көгілдір, алмадай-жасыл, жасылдау-сары болады. Қаттылығы 5–6, мортты боп келеді, меншікті салмағы $2,6\text{--}2,83\text{ г/см}^3$, жымдастығы жоқ. Жылтырлығы балауыз сияқты, жарылымдары бақалшақтай.

Глинозем (далашпаттарда және т.б.) және фосфор (апатитте және т.б.) құрамды таужыныстардың мору процестерінде жиі лимонитпен қатар пайда болады. Брекчияланған, эффузивтік және метаморфтық (сазды тақтатастар) таужыныстардың экзогендік желішектерінде кездеседі. Органикалық жаратылыста бирюза көне жануарлардың сүйек және тіс қалдықтарынан пайда болғандығы да белгілі.

Парагенетикалық ассоциациясы: лимонит, далашпаттар, апатит, саздар және т.б.

Ең әдемі аспандай-көк түсті бирюза зергерлік әшекей бұйымдарда пайдаланылады. Сапасы төмендері жасанды боялады.

Арсенаттар класы

Эритрин $\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2\cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Синонимі – кобальттық гүлдер. Аты «эритрос» – «қызыл» деген грек сөзінен шыққан. Химиялық құрамы: CoO 37,5 %, As_5O_5 38,5 %, H_2O 24,5 %. Изоморфтық қоспалар түрінде Ni , Mg , Fe^{2+} , Ca кездеседі және неше түрлі механикалық қоспалар болып тұрады.

Сингониясы моноклиндік, инеше, қабықтар, жағылымдар және жұқа пластинкалық келбеттер тән, әдетте жер тәрізді агрегаттар құрайды. Түсі күрең-қызыл, шабдала-қызыл, қарауытты-қызғылт. Кристалдардың жылтырлығы шыныша, ал жер тәрізді агрегаттарда күнгірт болады, жымдастық жазықтарға меруерттей құбылма тән. Қаттылығы 1,5–2,5, жер тәрізділерде 1,0; жымдастығы (010) жақтарында аса жетілген; тығыздығы $2,95\text{ г/см}^3$; аздап ерігіш қасиеті тән.

Кобальт арсениді бар сульфидтік кенорындардың тотығу белдемдерінде болады.

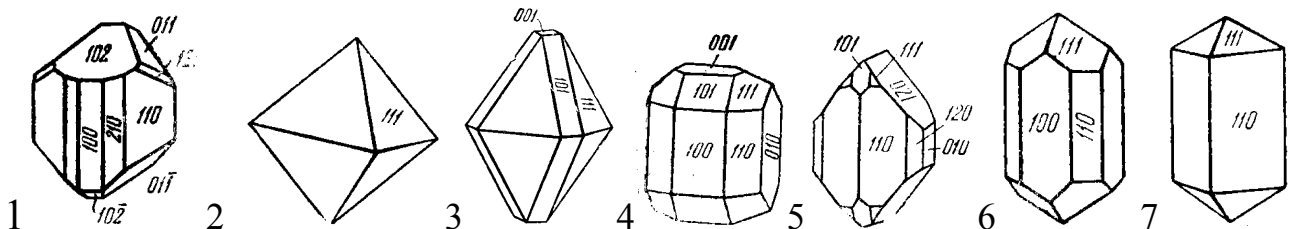
Смальтин бойынша псевдоморфозалары белгілі. Кобальтин, смальтинмен кездеседі.

Жарық түсімен байланысты, ізденбелі маңызда бастапқы кобальт кендерін іздеуге пайдаланады.

Вольфраматтар мен молибдаттар класы

Вольфрамит (Mn,Fe)[WO_4]. Аты неміс тіліне латын «lupi spuma» – «қасқырдың көбігі», немесе «қасқырдың қаймағы» деген сөздерін аударғанда пайда болған. Бұрынғы орыс аты «волчец». Аты қалайы кендерді балқытқан кездерде, оған вольфрамит қосқанда, қалайының бетіне көбік пайда болуымен тікелей байланысты. Химиялық құрамында $MnWO_4$ 25,35 %, олардың ішінде Mn 5,9 % болса, минерал **ферберит** деп аталады, ал егер, Mn 17,6 -23,4 % құраса – **гюбнерит** деп аталады. Құрамындағы WO_3 75,0 %-ды құрайды, қоспалар ретінде Mg (0,5 %-ға дейін), кейде CaO , Ta_2O_5 , SnO_2 және т.б. кездеседі.

Сингониясы моноклиндік, сирек емес кристалдарда қалың-тақташа және призмалық келбеттер бар, тік жақтары сызықталған, егіздіктер тән (27-сурет). Кейде тұтас ірі кристалды агрегаттар құрастырады. Түсі қоңырқай-қара, гюбнерит қызылдау және күлгін түсті, ферберит – қара. Сызық түсі қоңырқай, ферберитте қарауыттыдан қараға дейін, гюбнеритте ақшылдан сарғыш-қоңырқайға және сарыға дейін. Жылтырлығы жымдастық жазықтарда алмасша, ал басқа бағытта майша. Гюбнерит жұқа сынықтарда мөлдір. Қаттылығы 4,5–5,5, мортты, жымдастығы (010) жақтарында жетілген, тығыздығы 6,7–7,5 г/см³. Темірмен бай түрлері әлсіз магнитті.



27-сурет. Вольфрамиттің (1), шеелиттің (2-3), оливиннің (4-5), цирконның (6-7) кристалдары

Кварцты гидротермалық және сульфидтік желілерде, метасоматиттік грейзендерде, магмалық пегматиттерде, экзогендік тотығу белдемдерде мору кезінде вольфрамдық жосаларға (**ферритунгсит, тунгсит**) айналады. Экзогендік шашылымдарда кездеседі.

Кварцты және сульфидтік гидротермалық желілерде – касситерит, молибденит, арсенопирит, пирит, халькопирит, висмутин,

сфалерит және т.б. бірге пайда болады. Грейзендерде – слюда, топаз, флюорит, турмалин, кейде берилл, касситерит, молибденит және т.б.

Вольфрамның басты көзі болады, вольфрам қара металлургияда – құрыштың ерекше қатты сорттарын өндіруге, тез кесетін құралдар шығаруға пайдаланылады. Одан басқа «стеллиттер» құрамына вольфраммен *Cr*, *Co* бірге аса қатты қорытпаларда «победит», «видиа», «сталинит», «воломиттерді» өндіруге пайдаланылады. Ал оларды ұңғымаларды бұрғылайтын коронкалар жасауға қолданады. Электртехникада вольфрам электрлампарларының жіптеріне, антикотод, рентгендік трубкаларға қолданылады. Вольфрамның қоспалары химиялық өндірісте, керамикада шыны және фаянс бояуға және т.б. жерлерде пайдаланылады.

Шеелит $Ca[WO_4]$. Алғашқы рет құрамында вольфрам қышқылын тапқан швед химигі К.В. Шееленің құрметіне аталған, вольфрамитте бұл қышқыл кейін табылды. Химиялық құрамы: *CaO* 19,4 %, *MoO* 72,0 %, кейбір түрлерінде *WO_3*-дің (8,0 %-ға дейін) изоморфтық қоспасы болады. Мыс қосылған түрлесі – **купрошеелит** (*CuO_2* 7,0 %-ға дейін) деп аталады. Құмында *MnO_3* (24,0 %) болса, түрлесі **зейригит** деп аталады.

Сингониясы тригондық, кристалдардың келбеттері дипирамидалық, псевдооктаэдрлік (27-сурет). Жиі бұрыс пішінді кірмелер, түйірлікті сеппелер тән, сирек тұтас массалар түрінде болады. Түсі сирек түссіз болады, әдетте сұр, сары, жасылдау-сары, қоңырқай және қызыл. Сызық түсі ақ, жылтырлығы майша, алмасша. Қаттылығы 4,5, мортты, жымдастығы (111) жағы бойынша анық жетілген, жарылымдары тұзу емес, тығыздығы 5,8–6,2. Катодтық сәулелерде күшті көгілдір түс шашады.

Метасоматиттік скарндар, гидротермалық грейзендерде болады.

Скарндарда – анартастар, геденбергит, диосид, тремолит, эпидот, молибдениттермен; грейзендерде – вольфрамит, кварц, касситеритпен кездеседі.

Вольфрамның кейде молибденнің маңызды кені болып табылады.

Бақылау сұрақтары:

1. Карбонаттар класына жататын минералдарды атаңыз және олардың жаратылысы, ерекше қасиеттері және қолданылуы қандай?

2. Сульфаттар класының минералдарын атаңыз және олардың жаратылысы, ерекше қасиеттері және пайдаланылуы қандай?

3. Ұсақ кластарының минералдары қандай және олардың жаратылысы, ерекше қасиеттері және қолданылуы қандай?

3.5. Силикаттар класының минералдары

3.5.1. Аралдық силикаттар класының минералдары

Аралдық силикаттар оңашаланған жеке тетраэдрлермен – $[SiO_4]^{4-}$, қосымша аниондарсыз

Изоморфты үздіксіз **форстерит – оливин – фаялит** қатары.

Форстерит $Mg_2[SiO_4]$, аты Лондонның коллекционері және минералдар саудагері Дж. Форстердің құрметіне аталған.

Оливин $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$, оливаша-жасыл түсі бойынша аталған.

Фаялиттің $Fe_2[SiO_4]$, оның бірінші табылған Фаяль (Азор аралдары) аралының атымен аталған.

Оливин $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$, синонимі – хризолит, перидот. Хризолит аты гректің «хризос» – «алтын» деген сөзінен шыққан. Химиялық құрамы: MgO 50,0–45,0 %, FeO 8,0–12,0 %, сирек 20,0 %-ға дейін, NiO 0,1–0,3, CoO 0,01, кейде құрамында марганец болады.

Сингониясы ромбылық, оливин түйіршекті агрегаттарда, қуыстарда жақсы құралған кристалдар сирек кездеседі (27-сурет). Түсі сарғыш-жасылдау реңкті, жиі түссіз болады, форстерит сарғыш және сұр, фаялит қарауытты-жасылдан қараға дейін. Мөлдір сары-жасыл түсті оливин хризолит деп аталады. Жылтырлығы шыныша және майша. Қаттылығы 6,5–7, мортты, жымдастығы орташа немесе жетілмеген, меншікті салмағы 3,3–3,5 г/см³. Балқу температурасы 1890⁰.

Магмалық аса негізді және негізді таужыныстарда таужыныс құрайтын минерал болып табылады. Метасоматиттік және метаморфтық процестерде пайда болады. Метеориттердің құрамында, Айдың топырағында бар.

Оливин – пироксен, серпентинмен; форстерит – диопсид, шпинель, флогопит, карбонаттармен; фаялит – басқа темір минералдары және кварцпен гранит-рапакивидің құрамында болады.

Техникалық шыны шығару, отқа төзімді кірпіштер өндіруге химиялық өнеркәсіптерде қолданылады. Мөлдір түсті, әдемі боялған хризолит – асыл тас болып саналады, зергерлік ісінде пайдаланылады.

Циркон Zr/SiO_4 . Аты «царь» – «алтын», «гун» – «түс» деген парсы сөздерінен шыққан. Химиялық құрамы: ZrO_2 67,1 % (Zr 49,5 %), SiO_2 32,9 %. Қоспалар ретінде ылғи кездесетіндері: Fe_2O 0,35 %, CaO 0,05–4,0 %, кейде Al_2O_3 . Әдетте, гафнийдің оксиді және сирек жерлер құрамына кіреді. **Малакон** және **циртолит** түрлестерінде радиоактивтік элементтер құрамына кіреді, олар метамиктік қалыпта боп келеді.

Сингониясы тетрагондық, цирконға кристалдар тән, олар қысқа бағаналы, изометриялық сирек дипирамидалық болады. Әдеттегі пішіндері тетрагондық призма және тетрагондық дипирамида (27-сурет). Егіздіктері рутилдікіндей – тізе тәрізді болады, бірақ олар сирек кездеседі. Түсі түссіз, жиі сары, қызғылт-сары, қызыл, сирек жасыл болады. Малакондар қарауытты-қоңырқай түске ие болады. **Гиацинт** – сары мөлдір минерал. Жылтырлығы алмасша, кейде майша болады. Қаттылығы 7–8, метамикті ыдыраған түрлерінде 7–6. Жымдастығы сирек кездеседі, жарылымдары түзу емес немесе бақалшақтай (өзгерген түрлерінде) болады, тығыздығы 4,68–4,70 г/см³, метамикті ыдыраған түрлерінде 4,7–3,8 г/см³. Малакон мен циртолиттер радиоактивті, таужыныстарда осы минералдардың төңірегінде түсті ореолдар («плеохроизм ауласы») пайда болады.

Граниттер, сиениттер және сілтілі пегматиттердің акцессорлық (аз мөлшерде кездесетін) минералы болады, карбонатиттер, метаморфтық тақтатастар және гнейстер, шашылымдар, метеориттердің құрамында да кездеседі.

Парагенетикалық ассоциациясы: кварц, плагиоклаздар, калишпаттар, нефелин, альбит, апатит, флюорит, слюда.

Мөлдір әдемі түсті түрлері зергерлік істе қолданылады, цирконий мен гафнийдің негізгі көзі болады, кейде сирек жерлер өнімделеді. Гиацинт асыл тас ретінде пайдаланылады.

Анартастар тобы $R_3^{2+}R_2^{3+}[SiO_4]_3$, мұнда $R^{2+} = Ca, Mg, Mn, Fe$; ал $R^{3+} = Al, Fe, Cr, Mn, Ti$.

Анартастар тобының ішінде альмандин – андрадит изоморфтық қатардың минералдық түрлестері көп болады. Альмандин қатарында: пироп, альмандин, спессартин; андрадит қатарында – гроссуляр, андрадит, уваровит.

Латын сөзі «гранатус» – «түйіршекке тән» деген мағынаны түсіндіреді. Аты кристалдарды зерттегенде анар түйірлерінің түсіне ұқсастығымен байланысты берілген. Ескі орыс аты «вениса» болған.

Анартастардың ең көп тарағандары – темірлі, кальцийлі, алюминийлі түрлері: альмандин, андрадит.

Пироптың аты «пиропос» – «отқа ұқсас» деген грек сөзінен шыққан; оның қарауытты-қызыл түсі үшін аталған. **Родолит** – темірлі пироп.

Альмандин – Алабанда деген мекеннің өзгертілген атынан шыққан, ол жерлерде бұрынғы заманда таужыныстарды қырлатқан.

Иттрогранат – ол альмандиннің құрамына итрий және торий кірген анартас.

Спессартин – Бавариядағы Спессарт мекенінің атымен қойылған.

Гроссуляр – академик К. Лаксман оның бозарған-жасылдау түрлестерін зерттегенде, қарлығанның ботаникалық атын берген.

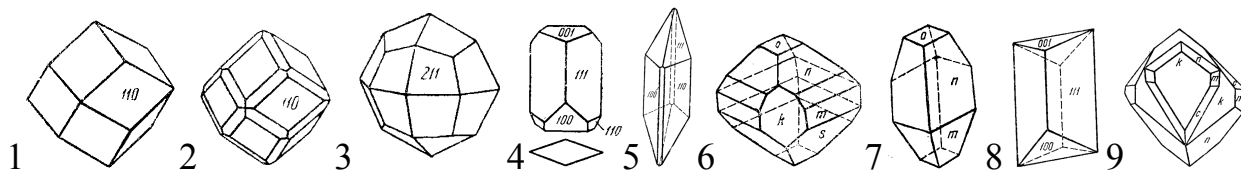
Андрадит – 1800 ж. оны бірінші зерттеген португал минералогі д'Андраданың құрметіне аталған. **Демантоид** – мөлдір жасыл түсті андрадиттің түрлесі болады. **Шорломит** андрадиттің титанмен бай түрлесі болады.

Уваровит – Ресейдің білім министрі Уваровтың құрметіне аталған.

Анартастардың сингониясы кубтық, өте кен тараған пішіні ромбододекаэдр, (110), сирек тетрагонтриоктаэдрмен (211) комбинация құрайды (28-сурет). Түйірлері изометриялы, сеппелер, түйіршекті және тығыз біртұтас агрегаттар (әсіресе андрадит) құрастырады. Түстері әртүрлі: **пироп** $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$ – қарауытты қандай-қызыл, жиі мөлдір; **альмандин** $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$ – қарауытты – немесе қоңырқай-қызыл, әлсіз көкшіл немесе күлгін реңкті, кейде шала мөлдір немесе мөлдір болады; **андрадит** $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$ – қызыл-қоңырқай; **гроссуляр** $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$ – балдай-сары, жасыл, сұрша-жасыл, жасылдау-қоңырқай; **уваровит** $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$ – зұбаржаттай-жасыл; **спессартин** $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$ – түсі қызғылт, қызыл, сарғыш-қоңырқай болады. Анартастардың барлығына шыныша жылтырлық тән, кейде майша немесе алмасша. Жымдастығы жоқ, жарылымдары түзу емес, орташа бақалшақтай, қаттылықтары 6,5–7,5.

Магмалық аса негізді кимберлиттерде – пироп; альмандин табиғатта жиі кездесетін анартас қышқыл және эффузивтік таужыныстарда, граниттік пегматиттерде, метаморфтық тақтатастарда және гнейстерде; андрадит-гроссуляр қатарлы

анартастар метасоматиттік скарндарда кездеседі. Анартастар тағы да шашылымдарда кездеседі.



28-сурет. Анартастардың (1-3) және титанит (сфеннің) (4-8) кристалдары мен егіздігі (9)

Пироп алмастың серіктесі; альмандин – кварц, далашпаттар, амфиболдар, пироксендер, биотиттермен кездеседі. Андрадит-гроссуляр қатарлы анартастар – кальцит, магнетит, эпидот, тремолит, актинолит, гематит, диопсид және т.б. бірге кездеседі. Абразивтік – тегістегіш материал ретінде қолданады. Мөлдір және шала мөлдір әдемі анартастар зергерлік істе қолданылады.

Аралдық силикаттар оңашаланған жеке $[\text{SiO}_4]^{4-}$ тетраэдрлермен, қосымша O , F , OH аниондарымен: титанит (сфен); кианит (дистен); топаз; андалузит.

Титанит (сфен) $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$. Грек сөзі «сфен» – «сына» деп аударылады, оның аты сына тәрізді пішінмен байланысты қойылған. Синонимі – титанит. Химиялық құрамы CaO 28,6 %, TiO_2 40,8 %, SiO_2 30,6 %. Сирек емес құрамында FeO (6,0 %-ға дейін), кейде MnO (3,0 %-ға дейін), MgO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , сирек Cr_2O_3 , ZrO_2 (0,18 %-ға дейін) және Nb_2O_5 .

Сингониясы моноклиндік, сына және конверт тәрізді, тақташа немесе жалпақ кристалдар кездеседі (28-сурет). Тұтас түйіршекті агрегаттар құрайды. Түсі әртүрлі реңкті қоңыр, сары-қоңыр, жасыл, сұр, қызғылт немесе қызыл (гриновит), ашық-сары. Жылтырлығы майша, алмасша, кейде мөлдір. Қаттылығы 5–6, жымдастығы жетілген және жетілмеген болады, тығыздығы 3,29–3,56 г/см³.

Магмалық граниттер, сілтілі пегматиттер, сиениттер, трахиттер, андезиттер және басқа таужыныстарда болады. Метасоматиттер, метаморфтық гнейстер, слюдалы және хлоритті тақтатастар, амфиболиттер, шашылымдарда кездеседі.

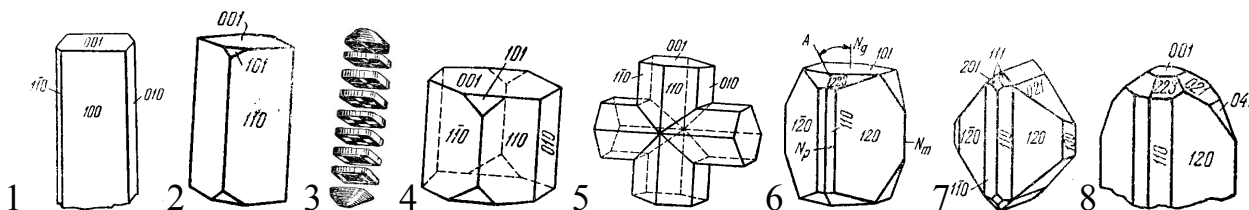
Магмалық таужыныстарда – далашпаттар, нефелин, эгирин, циркон, апатит және т.б. бірге кездеседі. Метасоматиттік скарндарда – диопсид, гранат, эпидот, хлорит, магнетит және т.б. минералдармен

бірге пайда болады. Метаморфтық таужыныстарда – амфиболдар, кальцит, хлорит, слюдалар, эпидот, альбит және т.б.

Титан мен сирек жерлердің көзі боп табылады.

Кианит (дистен) $Al_2[SiO_4]O$. Кианит деген аты «кианес» – «қарауытты-көк» деген грек сөзінен шыққан. Ал дистен «ди» – «екі түрлі» және «стенос» – «қарсылық» деген грек сөзінен пайда болған, оны қаттылығы екі бағытта әртүрлі болуымен байланыстырады. Химиялық құрамы: Al_2O_3 63,1 %, SiO_2 36,9 %. Изоморфты қоспа ретінде Fe_2O_3 1,0-2,0 %, кейде 7,0 %-ға дейін, Cr_2O_3 1,8 %-ға дейін және көп мөлшерде емес: CaO , MgO , FeO , TiO_2 .

Сингониясы триклиндік, пластинка тәрізді түйірлер, радиалды-бағаналы, желішекті агрегаттар құрайды (29-сурет). Жиі ұзартылған немесе пластинкалы кристалдар тән және (100) жағында егіздіктер. Түсі көк, әртүрлі реңкті көгілдір, жасылдау, сирек сұр, түссіз. Жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында меруерттей; жымдастығы бір бағытта жетілген. Қаттылығы әр бағытта біркелкі емес, ұзартылған жағына параллель – 4,5, көлденең қималарында 6, ал (010) және (001) жақтарында 7 болады, мортты, жымдастығы (100) жағында жетілген, ал (001) жағында аздап төменірек жетілген. Тығыздығы 3,56-3,68 г/см³.



29-сурет. Кианиттің (дистеннің) (1), андалузиттің (2) кристалдары және хиастолиттің көлденең қимасы (3); ставролиттің кристалы (4) мен егіздігі (5); топаздың кристалдары (6-8)

Кристалдық тақтатастарда, олар бокситтер және боксит құраушы саздардың метаморфизм процестеріне ұшыраған кезде пайда болып, шашылымдарда кездеседі.

Метаморфтық дистен – кварц, слюда, анартас, корунд, плагиоклаздармен бірге кездеседі.

Отқа төзімді материалдар өнімдеуде қолданады.

Андалузит $Al_2[SiO_4]O$. Аты Испаниядағы Андалузия провинциясының атымен аталған. Дистеннің полиморфты модификациясы болады, химиялық құрамы сонымен ұқсас келеді.

Синогониясы ромбылық, пішіні ірі призмалық, көлденең қимасы шаршыға жақын, бағаналы болады (29-сурет). Басты пішіндер ромбылық призмалар және пинакоидтар. **Хиастолит** деп аталатын көмірлі-сазды тақтатастардағы түрлесінің ішкі құрылысы ерекше болып келеді. Кристалл өскен кезінде құрамына кіріп кеткен көмір және саз бөлшектері, белгілі бір кристаллографиялық бағытта, ал көлденең қимасында крест тәрізді болып орналасады (30-сурет).

Түсі сирек түссіз, әдетте сұр, сары, қоңырқай, қызғылт, қызыл және қарауытты-жасыл болады. Жылтырлығы шыныша, қаттылығы 7,0–7,5, жымдастық (110) жағы бойынша жетілген, жарылымы түзу емес, жаңқа тәрізді, тығыздығы 3,1–3,2 г/см³.

Сазды және көмірлі-сазды тақтатастарда, өзгерген қышқыл эффузивтерде, гнейстерде, слюдалы тақтатастарда кездеседі. Шашылымдарда да болады.

Парагенетикалық ассоциациясы: саздар, слюдалар, анартас, корунд, дистен және т.б.

Отқа төзімді материалдар өнімдеуде қолданылады.

Топаз $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$. Аты Қызыл теңіздегі Топазос аралының атымен жай ғана аталған. Химиялық құрамы (%): Al_2O_3 62,0-48,2, SiO_2 39,0-28,2, F 13,0-20,4, H_2O 2,45. Қоспалар ретінде: K_2O , Na_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 және TiO_2 .

Синогониясы ромбылық, қуыстарда жақсы құрастырылған топаздың кристалдары кездеседі (29-сурет), олардың өлшемдері үлкен болады, 25–32 кг тартатын кристалдарда белгілі. Призмалық пішінді кристалдар көп тараған, (001) жақтарында тік сызықталуы болады. Таужыныстарда пішіні бұрыс, ұсақ түйірлі агрегаттарда белгілі болады. Түсі – түссіз мөлдір түрлестері сирек кездеседі, әдетте ашық сарғыш, көк, күлгін, жасыл, қызыл түстері тән, жылтырлығы шыныша. Қаттылығы 8, жымдастығы (001) жағында жетілген, жарылымдар бақалшақтай, тығыздығы 3,52–3,57 г/см³. Үйкелегенде, қысқанда және қыздырғанда электрленеді.

Граниттік пегматиттердің миаролиттік қуыстарында және желілерінде, метасоматиттік грейзендерде және шашылымдарда түзіледі. Пегматиттерде – кварц, ортоклаз, альбит, слюд. Грейзендерде – касситерит, вольфрамит, мусковит, кейде флюорит,

берилл, арсенопиритермен бірге кездеседі. Мөлдір және әдемі боялған кристалдары құнды асыл тастар ретінде пайдаланылады.

Аралдық силикаттар оңаша жеке қосарланған $[SiO_4]^{4-}$, $[Si_2O_7]^{6-}$ тетраэдрлермен – және қосымша O^{2-} , $(OH)^-$ аниондарымен: –эпидот.

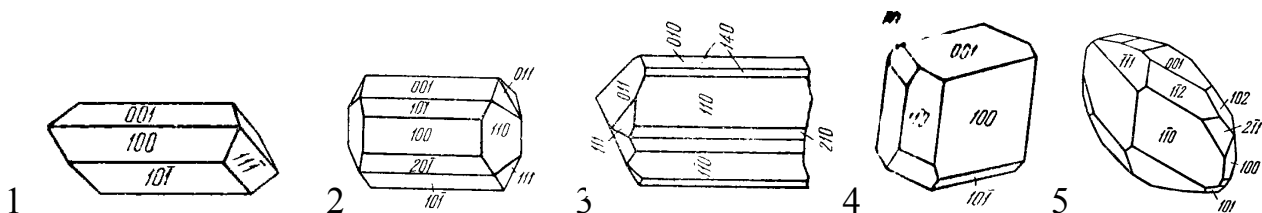
Эпидот $Ca_2(Al,Fe)_3[SiO_4][Si_2O_7](OH)O$. Аты «эпидозис» – «өсіртілген» деген грек сөзінен шыққан, оның призмалық кристалдарының көлденең қимасымен байланысты болар. Оның амфиболдарға қарағанда көлденең қимасы ромб емес, параллелограмм (бір жағы бір жағынан ұзын болады). Синонимі – пистацит (фистацит), түсі жер жаңғағымен ұқсас. Химиялық құрамында эпидот темірмен бай келеді; химиялық құрамы (%): CaO 23,5, Fe_2O_3 12,6, SiO_2 37,9, H_2O 1,9, кейде құрамында Cr_2O_3 (хромэпидот немесе тавмавит жарық-жасыл немесе жарық-сары түсті) болады.

Синогониясы моноклиндік, кристалдары ұзартылған, ұзартылуы бойынша сызықталған (30-сурет). Егіздіктер жиі кездеседі, қуыстарда эпидот друзалар құрайды, жиі радиалды-сәулелі, қадалы, түйіршекті агрегаттар құрастырады. Түсі жасылдау-сары, фисташкілі-сары, жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында меруерт тәрізді, жымдастығы жетілген, жарылымдары түзу емес кейде баспалдақтай. Қаттылығы 6,5–7,0, тығыздығы 3,35–3,38 г/см³.

Метаморфтық жасыл тақтатастарда, метасоматиттік скарндарда болады.

Тақтатастарда – хлорит, амфиболдар, скарндарда – анартас, кальцит, диопсид, магнетитпен бірге түзіледі.

Практикада қолданылуы табылмаған.



30-сурет. Эпидот (1-2), цоизит (3) және ортиттің (4-5) кристалдары

Цоизит $Ca_2Al_3[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$. Эпидот тобының минералы, одан ол сингониясымен қатар темірдің өте аз мөлшерімен, немесе оның жоқтығымен ажыратылады.

Сингониясы ромбылық. Призмалық кристалдар (тігінен сызықталған) және жер тәрізді массалар құрастырады (30-сурет). Түсі сұр, жасыл, кейде қызғылт (туллит), қызыл, қоңырқай. Жылтырлығы шыныша, қаттылығы 6, жымдастығы (010) жағында жетілген, жарылымдары түзу емес, меншікті салмағы 3,25–3,36 г/см³. Цоизит тек қана микроскоппен дұрыс анықталады.

Түрлестері: соссюрит – ұсақ түйірлі цоизит, альбит немесе серицитпен бірге, плагиоклаздардың бұзылу өнімдерінде, оны тек микроскоппен көруге болады. Негізді плагиоклаздардың өзгеру өнімдері, метаморфтық таужыныстарда, гидротермалық кенорындарында кездеседі.

Гидротермалық өзгерген негізді магматитерде – негізді плагиоклаз; метаморфиттерде – амфибол, гидротермалық кенорындарында – сульфидтермен (пирритин, халькопирит және т.б.) болады. Практикада қолданылуы табылмаған.

Ортит $(Ca,Ce)_2(Al,Fe)_3[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$. Эпидот тобының минералы. Аты «ортос» - «тік» деген грек сөзінен шыққан. Церийден басқа компоненттерінің құрамы өзгермелі.

Сингониясы моноклиндік, кристалдары қалың-тақташа немесе қада тәрізді (30-сурет). Түсі қоңырқай, шайырдай-қара, сиректеу сары. Жылтырлығы шайырдай, майша. Қаттылығы 6, мортты, жымдастығы жоқ, жарылымдары бақалшақтай, тығыздығы 4,1 г/см³, радиоактивті.

Магмалық таужыныстарда (граниттер, сиениттер, пегматиттер), кейде метаморфты гнейстерде, сирек кристалдық тақтатастарда, жапсар-метасоматиттік кенорындарында болады.

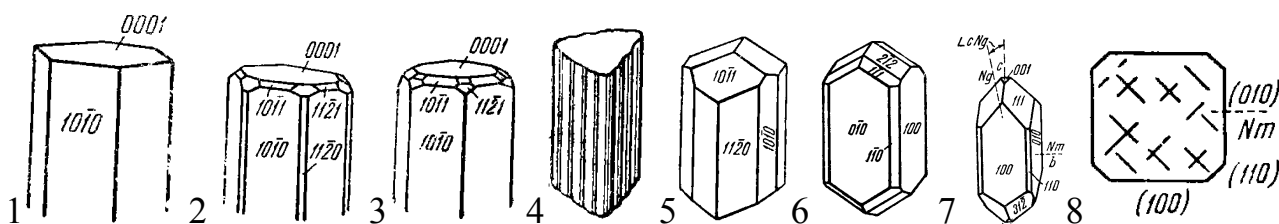
Далашпаттар, амфиболдар, кварц, слюдалар, карбонаттармен бірге кездеседі.

Практикада қолданылуы табылмаған.

Аралдық алты тетраэдрлік сакиналы силикаттар, радикалы $[Si_6O_{18}]^{12-}$: берилл, турмалин.

Берилл $Be_3Al_2 [Si_6O_{18}]$. Алюмосиликат, химиялық құрамы (%): BeO 14,1, Al_2O_3 19,0, SiO_2 66,9. Қоспалар ретінде сілтілілер мөлшері 7,0 %-ға дейін: Na_2O , K_2O , Li_2O кейде **воробьевитте** Cs_2O (3,0 %-ға дейін) болады.

Сингониясы гексагондық, кристалдары бағаналы, призмалық пішінді. Әдетте, оңаша сеппелі кристалдар боп кездеседі, кейде олар друза құрайды. Кейде тұтас қадалы агрегаттар құрайды (31-сурет). Түсі жасылдау-ақ, сары, сарғыш-жасыл, көк, жарық-жасыл, кейде қызғылт. **Түрлестері: зүбаржат** – қою боялған сүйкімді жасыл түсті, **аквамарин** – мөлдір, көкшіл-көгілдір, **воробьевит** – қызғылт түсті, **гелиадор** – мөлдір, түсі сары. Жылтырлығы шыныша, қаттылығы 7,5–8,0, мортты, жымдастығы жетілмеген, жарылымдары түзу емес, бақалшақтай, тығыздығы 2,63–2,91 г/см³. Балқу температурасы 1450⁰.



31-сурет. Берилдің (1-3) кристалдары; турмалин кристалындағы сызықталуы және көлденең қимасы (4-5); энстатиттің кристалы (6); диопсидтің (7) кристалы және көлденең қимасының пішіні (8)

Граниттік пегматиттер, метасоматиттік грейзендер, гидротермалық желілерде кездеседі.

Парагенетикалық ассоциациясы: далашпаттар, слюдалар және кварц, жиі топаз, турмалин, флюорит, фенакит, хризоберилл, вольфрамит, касситерит, сульфидтер (арсенопирит, молибденит) және т.б.

Берилийдің ең маңызды көзі болады, ол жеңіл қорытпалар алуда, магний, алюминий, мыспен бірге қолданылады. Зүбаржат және аквамарин түрлестері – асыл тастар боп келеді.

Турмалин $Na(Mg,Fe)_3(Al,Fe)_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH,F)_4$. Бороалюмо-силикат, «турмали» деген сингалез тіліндегі атымен Шри-Ланка аралынан Голландияға әкелінген. Химиялық құрамы (%): SiO_2 30,0–44,0, B_2O_3 8,0–12,0, Al_2O_3 18,0–44,0, $FeO+Fe_2O_3$ 0–38,0, MgO 0–25,0, Na_2O 0–6,0, CaO 0–4,0, H_2O 1,0–4,0. Магнезиялық түрлесі **дравит** деп аталады, темірлі – **шерлит**, литийлі – **эльбаит**.

Сингониясы тригондық, кристалдары бағаналы, сирек қысқа призмалық, әдетте кристалдары ірі болмайды, бірақ кейде 20,0 см ірі экземплярлары кездеседі. Жақтарында тік сызықталуы болады және оған көлденең қималарында сфералық үшбұрыштар тән, егіздіктері

сирек кездеседі. Сирек емес турмалин қадалы, радиалды-сәулелі («турмалинді күн»), шимақталған инешектер немесе талшықты агрегаттар құрастырады (31-сурет). Сирек тұтас түйіршекті немесе жасырын кристалды агрегаттар құрайды.

Түсі құрамында темір болмаса әртүрлі реңкті жасыл, қызғылт, қызыл болады. Қарауытты-қызыл түсті – **рубеллит**, темірлі түрлестері қарауытты-жасыл, қарауытты-көк (**индиголит**), қарауытты-қоңырқай және қара (**шерл**). Хром құрамды турмалиндер қарауытты-жасыл түсті. Көбінесе турмалиндердің кристалдарында түсі біркелкі болады, бірақ оның полихромды – әр бөлшектерінде әртүрлі боялған түрлері белгілі. Мысалы, эльбаиттер бір шетінен түссіз, ал екінші шеті қою қара түсті болады. Сызық түсі түссіз, жылтырлығы шыныша, қаттылығы 7,0–7,5, жымдастығы жоқ, жырылымдары түзу емес, қараларында көмірдің жарылымдарына ұқсас болады, тығыздығы 2,90–3,25 г/см³. Пироэлектрлік және пьезоэлектрлік қасиет тән. Ақшыл түсті турмалиндер үйкелегенде, қыздырғанда, қысқанда және созғанда электрленеді, кристалдың бір шеті оң, екіншісі теріс зарядталады.

Магмалық граниттер, пегматиттер, гидротермалық кенорындар, метасоматиттік грейзендер, тақтатастар, филлиттер және туынды кварциттер, шашылымдарда кездеседі.

Кварц, топаз, касситериттермен бірге болады.

Әдемі боялған түрлері зергерлік істе қолданылады. Пиро- және пьезоэлектрлік қасиеттері бар ірі кристалдар радиотехникада пайдаланылады.

Аширит $Cu_6[Si_6O_{18}]6H_2O$. Синонимі – мысты зұбаржат (изумруд), диаптаз. «Диа» грекше «арқылы», «оптазия» – «көрініс». Осылай Гаюимен аталған, онда минералдың жымдастығы кристалл арқылы көрініп тұрады. Химиялық құрамы: CuO 50,5 %, SiO_2 38,1 %, H_2O 11,4 %. Қоспалары, әдетте жоқ. Аз мөлшерде Fe_2O_3 (0,2 %-ға дейін) табылған.

Сингониясы тригондық. Кристалдары ұшталған қысқа бағаналы, сирек ромбоэдрлік. Жарықшаларда және қуыстарда кристалдардың друзалары болады. Түсі зұбаржатты-жасыл, сызығы жасыл, мөлдір немесе жарық өткізеді, жылтырлығы шыныша, қаттылық 5, тығыздық 3,3 г/см³-қа жуық.

Мысты кенорындарда мору кезінде және алтынды шашылымдарда түзіледі.

Парагенетикалық ассоциациясы: малахит, кальцит, кейде вульфенит, каламин, алғашқы планшеит, соңғы кварц және строцианит. Шашылымдарда – алтынмен бірге болады.

Практикада қолданылуы белгісіз.

Бақылау сұрақтары:

1. Оңашаланған жеке кремний-оттекті тетраэдрі бар силикаттарға жататын минералдардың ерекше қасиеттері және олар қайда пайдаланылады ?

2. Анартастардың тобына жататын минералдардың ерекше қасиеттері және олар қайда пайдаланылады?

3. Сақиналы силикаттардың минералдарының ерекше қасиеттері және олар қайда пайдаланылады?

3.5.2. Тізбек силикаттардың (пироксендердің және пироксен-оидтардың) минералдары

Үздіксіз тізбек силикаттар, анионды радикалдары $[Si_2O_6]^{-4}$ және $[SiO_3]^{-2}$.

Пироксендер тобы

Аты «пир» – «от», «ксанос» – «бөтен» деген грек сөздерінен шыққан. Бұл топқа ол аттың берілгені, бастапқыда оларды магмалық таужыныстарға тән емес деп санағандықтан болар.

Бұл топ екі топшаларға бөлінеді: **ромбылық** және **моноклиндік пироксендер**.

Пироксендер тобы: ромбылық пироксендерге – энстатит, гиперстен; **моноклиндік – кальциліктерге** – диопсид, геденбергит, авгит; **сілтілілер** – эгирин, сподумен, жадеит.

Ромбылық пироксендер

Ромбылық пироксендерге энстатит (магнезиалдық), гиперстен (темірлік-магнезиалдық) жатады. Ромбылық пироксендер Mg^{+2} және Fe^{2+} - дардың метасиликаттары болады. Олар $Mg_2[Si_2O_6]$ – $Fe_2[Si_2O_6]$ үздіксіз изоморфты қатар құрайды.

Энстатит $Mg_2[Si_2O_6]$ – магнезиалдық пироксен. Аты «энстатес» – сүйкімсіз деген грек сөзінен пайда болған, оның балқуы қиынға соғатынымен байланысты болар. Әдетте, энстатиттің құрамында FeO 5,0 %-ға дейін болады, ал FeO 5,0- тен 14 %-ға дейін болса, бронзит

деп аталады. Химиялық құрамында SiO_2 60,0 %, ал MgO 40,0 % құрайды. Кейде NiO қоспасы 0,2 % болады.

Сингониясы ромбылық, кристалдар түрінде сирек кездеседі, сол кезде ол призмалық кейде тақта тәрізді болады (31-сурет). Таужыныстарда кен тараған бұрыс пішінді түйірлері ұзартылған келбеттерге ие болады. Моноклиндік пироксендермен заңды қосылып өсетіндері де байқалған. Түсі түссіз, жасылдау реңкті сұрша-ақ, сирек қоңырқайдай-жасыл. Жылтырлығы шыныша, ал жымдастық жазықтарында меруерт тәрізді. Қаттылығы 5,5, меншікті салмағы 3,1–3,3 г/см³, жымдастығы (110) призма бойынша орташа, жымдастықтардың ара бұрышы 87°.

Магмалық перидотиттер (гарцбургиттер), габбро-нориттер, кейде диориттер, эффузивтік базальттар және андезиттер, метаморфтық кристалдық тақтатастар, гнейстер және метеориттерде кездеседі.

Парагенетикалық ассоциациясы: оливин, серпентин, магнетит, негізді плагиоклаздар.

Практикалық маңызы әлі белгісіз.

Гиперстен $(Fe,Mg)_2[Si_2O_6]$ – темірлік-магнезиалдық пироксен.

Аты «ипер» және «стенос» – «өте» және «қатты» деген грек сөздерінен шыққан. Химиялық құрамында, әдетте FeO 14,0 %-ды құрайды. Аса темірлі түрлесі **феррогиперстенде** MnO 3,9 %-ға дейін, сирек Al_2O_3 , TiO_2 .

Физикалық қасиеттері энстатитке ұқсас келеді. Түсі жасылдан жасыл-қара және қоңырқай-қараға дейін. Меншікті салмағы 3,3–3,5 г/см³, кейде HCl -да аздап бұзылады.

Магмалық габбро-нориттер, трахит пен андезиттер, және метеориттерде кездеседі.

Негізді плагиоклаздармен бірге болады.

Практикалық маңызы әлі белгісіз.

Моноклиндік пироксендер

Моноклиндік пироксендер екілік немесе күрделілеу қоспақтарымен көрсетілген, олардың кристалдық құрылымдарында катиондар ретінде бір жағдайларда Mg^{2+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} , екіншісінде Na^{1+} (Li^{1+}), Fe^{3+} , Al^{3+} қатысады, ал авгитте (Mg , Fe) және Ca басқа Al , Fe^{3+} , кейбір кезде Ti болады, сонымен бірге Al бөлімі Si ауыстырылады (мәнісінде алюмосиликаттармен қатынас жасалады). Бұл пироксендердің ішінде сілтілі түрлері де бар.

Бұл топшаға келесі минералдар жатады: **моноклиндік кальцийлік** -диопсид, геденбергит, авгит; **моноклиндік сілтілілер** – эгирин, сподумен, жадеит.

Моноклиндік кальцийлік пироксендер

Диопсид $CaMg[Si_2O_6]$. Аты «ди» – «екі», «опсис» – «пайда болу» деген грек сөздерінен шыққан. Ол нағыз қосарланған түзілім болады, маңызды диопсид – геденбергит изоморфтық қатардың шеткі мүшесі болады, клиноэнстатит, жадеит және эгиринмен изоморфты қоспалар құрастырады. Химиялық құрамы: CaO 25,9 %, MgO 18,5 %, SiO_2 55,6 %, өте тұрақсыз. Қоспалар ретінде FeO , MnO , кейде Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 бірнеше пайызға дейін (**хромдиопсид**), V_2O_5 2,0-4,0 %-ға дейін (**лавровит**), TiO_2 сирек емес, және тағы NiO , SrO , BaO , Sc_2O_3 . Құрамына Na_2O кіретін шөптей-жасыл түсті **омфациит** деп аталады. Фтор құрамды диопсид – **мансоит**.

Сингониясы моноклиндік, жақсы құрастырылған кристалдар сирек кездеседі. Әдетте, олардың келбеті қысқа бағаналы, (100) пинакоиды жақсы дамыған (31-сурет). Егіздіктері (100) және (102) жақтарында сирек емес. Тұтас агрегаттар түйіршекті, бірақ метасоматиттерде қадалы және радиалды-сәулелі. Түсі сирек түссіз болады, әдетте әртүрлі боз реңкті кірленген-жасыл немесе сұр түсті. Жылтырлығы шыныша, қаттылығы 5,5–6,0, меншікті салмағы 3,5–3,6 г/см³. Жымдастығы (110) призма бойынша екі бағытта жетілген, жымдастықтың ара бұрышы 87°.

Метасоматиттік скрандарда кездеседі.

Эпидот, андрадит, гроссуляр, тремолит, флогопиттермен кездеседі.

Мөлдір, жарық түстелген хромдиопсидтер зергерлік істе пайдаланылады.

Геденбергит $CaFe[Si_2O_6]$. Бірінші ашқан және зерттеген швед химигі Л. Геденбергтің құрметіне аталған. Химиялық құрамы CaO 22,2 %, FeO 29,4 %, SiO_2 48,4 %. Жиі құрамына 7,0 %-ға дейін MnO кіреді, оны **мангангеденбергит** деп атайды.

Сингониясы моноклиндік, көбінесе радиалды-сәулелі немесе ірі қадалы болады. Түсі қарауытты-жасылдан қара-жасылға дейін, сызық түсі жасылдау реңкті ашық-сұр, жылтырлығы шыныша. Қаттылығы 5,5–6,0, жымдастығы (110) призмасында жетілген, ара бұрышы 87°.

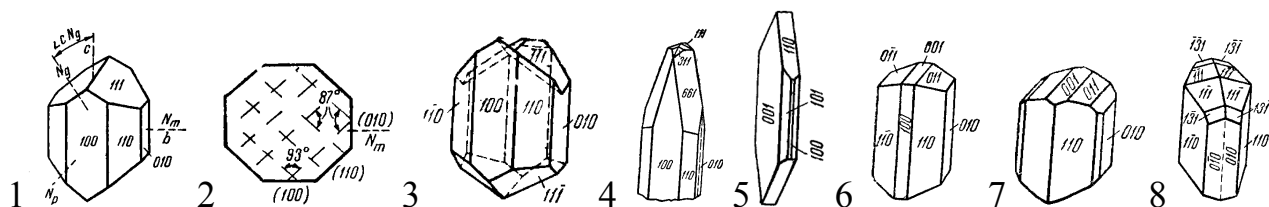
Скарндарға тән минерал.

Парагенетикалық ассоциациясы: магнетит, темірлі анартастар, сульфидтер (пирротин, халькопирит, қара сфалерит), кальцит, эпидот және т.б.

Практикалық маңызы әлі белгісіз.

Авгит $(Ca,Na)(Mg,Fe,Al)[(Si,Al)_2O_6]$. Аты «авге» – «жылтырлық» деген грек сөзінен шыққан. Кристалдардың жақтары жылтыр. Басқа пироксендерге қарағанда химиялық құрамы күрделі. Тұрақты құрамында MgO , FeO , Al_2O_3 (4,0-9,0 %-ға дейін) және Fe_2O_3 артық мөлшерде кездеседі. MgO бөлшегі FeO -ға 20,0 %-ға дейін ауысса, **ферроавгит** деп аталады. Na_2O -да ылғи кездеседі. **Эгириин-авгит** – Na_2O және Fe_2O_3 -ке бай түрлесі, авгитпен эгирииннің ортасындағы түрлесі **федоровит** (атақты орыс кристаллографы Е.С. Федоровтың құрметіне) деп аталған. Құрамында TiO_2 (4,0–5,0 %-ға дейін), Fe_2O_3 және Al_2O_3 болса, **титанавгит**, жарық-жасыл түсті **хромавгиттің** құрамында Cr_2O_3 (3,0 %-ға дейін) және Al_2O_3 (7,5 %-ға дейін) болады. Құрамында CaO көп мөлшерде болса – **фассаит** деп аталады.

Сингониясы моноклиндік, кристалдардың келбеті қысқа бағаналы, тақташа, сирек изометриялық (32-сурет).



32-сурет. Августтің кристалы (1), көлденең қимасы (2) және егіздігі (3); эгирииннің (4), волстониттің (5), горнблендтің (6-7) кристалдары және егіздігі (8)

Қималарына сегіз бұрышты бейнелер тән, оның жақтары бірқалыпты дамыған. Егіздіктер (100) жақтарында жиі кездеседі. Тұтас түйіршекті агрегаттар тән. Түсі қара, жасылдау-қара және қоңырқайлау-қара, сирек қарауытты-жасыл немесе қоңырқай. Жылтырлығы шыныша. Қаттылығы 5,0-6,0, жымдастығы (100) призма бойынша орташа, меншікті салмағы $3,2-3,6 \text{ г/см}^3$.

Негізді интрузивтік және эффузивтік магмалық таужыныстарда, метасоматиттік скарндарда болады

Парагенетикалық ассоциациясы: негізді плагиоклаздар, магнетит, кейде оливин.

Практикалық маңызы табылған жоқ.

Моноклиндік сілтілі пироксендер

Эгири́н $NaFe[Si_2O_6]$. Аты «эгир» – «теңіз құдайы» деген исланд сөзінен шыққан. Химиялық құрамы: Na_2O 13,4 %, Fe_2O_3 34,6 %, SiO_2 52,0 %. Қоспалары: K_2O , CaO , FeO , MnO , MgO , Al_2O_3 , кейде сирек V_2O_3 , өте аз мөлшерде сирек жерлер, BeO , ZrO_2 және ThO_2 .

Синогониясы моноклиндік, кристалдары ұзын призмалық, бағаналы, немесе ине тәрізді (32-сурет). Егіздіктері (100) жақтарында жиі кездеседі, полисинтетикалық егіздіктер тән. Тұтас агрегаттарда қадалы, радиалды-сәулелі, және жұлдызша агрегаттар тән. Түсі жасылдау-қара, қарауытты-жасыл, кейде қоңырқай немесе қызыл-қоңырқай. Сызық түсі – ашық жасыл түсті. Жылтырлығы шыныша, қаттылығы 5,5–6,0, меншікті салмағы 3,60–3,43 г/см³, жымдастығы призма бойынша жетілген, екі бағытта, ара бұрышы 87°.

Эгири́н сілтілі интрузивтік және эффузивтік магмалық тау жыныстарында басты минералдары боп табылады.

Нефелин, сфен, далашпаттар, горнбленд, слюдалар, арфведсонит, содалит, канкринит және басқа сирек силикаттармен кездеседі.

Практикалық маңызы табылмаған.

Сподумен $(Li,Al)[Si_2O_6]$. Аты «сподуменос» – «күлге айналған» деген грек сөзінен шыққан, сұрша-ақ түсімен байланысты. Химиялық құрамы: Li_2O 86,1 %, Al_2O_3 27,4 %, SiO_2 64,5 %. Қоспалар ретінде Na_2O , аз мөлшерде CaO , MgO , сирек Cr_2O_3 кездеседі.

Сингониясы моноклиндік, келбеті жиі призмалық, егіздіктер (100) жағында, жымдастығы призма бойынша жетілген, агрегаттары пластинкалы-қадалы. Түсі сұрша-ақ, сирек емес жасылдау реңкпен, сарғыш-жасыл, зұбаржатты-жасыл (**гидденит**), мөлдір күлгін түсті (**кунцит**). Жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарына сәл меруертті құбылыс тән. Қаттылығы 6,5–7,0, тығыздығы 3,13–3,20 г/см³, жымдастығы призма бойынша жетілген, және орташа жетілген.

Граниттік пегматиттерде кездеседі.

Парагенетикалық ассоциациясы: кварц, далашпаттар, литийлі слюдалар (лепидолит), турмалин, берилл және т.б.

Литийлі слюдалармен бірге литийлі өнімдер шығаруға, медицина, пиротехника, фотография, шыны шығару ісі, рентгенографияда және т.б. қолданылады. Әдемі түсті және мөлдір гидденит пен кунцит асыл тас ретінде пайдаланылады.

Жадит $NaAl/Si_2O_6$. Таза түрінде сирек кездеседі. Қарауытты-жасыл немесе қара түсті түрлесінің құрамына FeO , CaO және MgO кірсе, **хлоромеланит** деп аталады. Кристалдары сирек кездеседі, жиі тұтас түйіршекті агрегаттар құрайды.

Түсі алмадай-жасыл, жасылдау-көк және ақ. Жылтырлығы шыныша, жымдастығы (110) призма бойынша орташа, ал (010) және (100) жақтарында жетілмеген. Жасырын кристалдыларда жарылымдары түзу емес, жаңқалы. Тығыздығы 3,3–3,4 г/см³.

Метаморфтық сілтілі таужыныстарда сирек метасоматиттерде болады.

Глаукофанмен бірге кездеседі.

Практикалық маңызы табылмаған.

Пироксеноидтар тобы

Триклиндік сингониясы, анионды радикалдары $[Si_3O_9]^{-6}$ және $[Si_5O_{15}]^{-10}$, пироксеноидтар тобына волластонит, родонит (орлец) кіреді.

Волластонит Ca_3/Si_3O_9 . Аты ағылшын химик В. Волластонның құрметіне қойылған. Синонимі – тақталы шпат. Химиялық құрамы: CaO 48,3%, SiO_2 51,7 %. Кейде FeO 9,0 %-ға дейін, аз мөлшерде Na_2O , MgO және Al_2O_3 . Темірлі түрлесі **ферроволластонит** деп аталады.

Сингониясы триклиндік, әдетте тақта тәрізді, сирек емес b осі бойынша ұзартылған (32-сурет). Егіздіктер (100) және (001) жақтарында бар. Агрегаттары жапырақша, радиалды-сәулелі, қадалы, сирек талшықты. Түсі ақ, сұрша немесе қызылдау реңкті, сирек еттей-қызыл, мөлдір түссіз түрлестері де бар, жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында кейде меруертті. Қаттылығы 4,5–5,0, жымдастығы (100) жақтары бойынша жетілген, ал (001)-де орташа, ара бұрышы 74°. Басқа бағытта жетілмеген. Тығыздығы 2,78–2,91 г/см³.

Скарндардың нақты минералы, волластонит-геденбергитті скарнда белгіленген.

Анартастар, диопсид, шеелит, молибденит, геденбергиттермен бірге кездеседі.

Жоғары сапалы керамика және глазурь өнімдеуге пайдаланылады.

Родонит Mn_5/Si_5O_{15} . Аты «родон» – «қызғылт» деген грек сөзінен шыққан. Орысша синонимі – орлец. Химиялық құрамы (%): MnO 46,0–30,0, FeO 2,0–12,0, CaO 4,0–6,5, SiO_2 45,0–48,0.

Сингониясы триклиндік, тақташа, изометриялық, сирек призмалық кристалдар пішіні. Тұтас түйіршекті агрегаттар құрайды.

Түсі қызғылт, қызғылт-сұр, жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында меруертті. Қаттылығы 5,0–5,5, жымдастығы (110) жетілген, ал (001) жағында аздап жетілген, тығыздығы 3,40–3,75 г/см³. Балқу температурасы 1200⁰.

Төмен температуралы минерал ретінде гидротермалық, метасоматиттік және аймақтық метаморфизм таужыныстарда кездеседі.

Метасоматиттік родонит– родохрозит, *Mn*, *Zn*, *Pb* сульфидтерімен бірге пайда болады. Метаморфтық – бустамит, анартастар, кварц, марганец карбонаттарымен кездеседі.

Әдемі және тұрақты түрлері зергерлік бұйымдар жасауға пайдаланылады.

3.5.3. Қос тізбек – таспа силикаттардың (амфиболдардың) минералдары

Топтың аты «амфиболос» – «екі мағыналы, түсініксіз» деген грек сөзінен шыққан, оның күрделі құрамымен байланысты болар. Анионды радикалы $[Si_4O_{11}]^{-6}$, қосымша аниондарымен $(OH)^{-1}$, F^{-1} .

Тремолит $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$. Алғашқы рет ашылған жерінің атымен аталған – Тремоль аңғарында (Швейцар Альпасы). Тремолит амфиболдардың ең көп тараған түрі болады. Химиялық құрамы (%): *CaO* 13,18, *MgO* 24,6, *SiO₂* 58,8, *H₂O* 2,8. Изоморфтық қоспалар ретінде – *FeO* (3,0 %-ға дейін), *MnO* және *Al₂O₃*.

Синогониясы моноклиндік, кристалдары ұзын призмалық, ине және шаш тәрізді, *c* осі бойынша созылған. Жиі жұқа сәулелі, қадалы немесе талшықты (тремолит-асбест), кейде киіз тәрізді агрегаттар құрайды. Жасырын кристалды ақшыл түсті **нефриттердің** құрамына кіреді, және талшықты **тремолит-асбест** құрайды. Түсі ақ немесе ақшыл түске, көбінесе сұрша реңкке боялған, сирек көк (**винчит**). Жылтырлығы шыныша, қаттылығы 5,5–6,0, мортты, инеше мен шаш тәрізділері сынғыш болады, тығыздығы 2,9–3,0 г/см³.

Төмен температуралы магмалық минерал болып табылады, метаморфтық – мәрмәрлар, кристалдық тақтатастар, мүйізтастар; гидротермалық желілерде кездеседі.

Пироксен, кальцит, доломиттермен бірге кездеседі.

Тремолит-асбест жылу изоляциясына, нефрит – бұйымдар жасауға пайдаланылады.

Актинолит $Ca_2(MgFe)_5[Si_4O_{11}](OH)_2$. Аты «актис» – «сәуле», «литос» – «тас» деген грек сөздерінен шыққан, инеше-сәулелі агрегаттар құруымен байланысты. Синонимі – сәулелі тас. Құрамына FeO 6,0-13 %-ға дейін кіреді. Жиі изоморфты қоспалары Na , Al болады.

Кристалдық құрылымы, көптеген физикалық қасиеттері тремолитке ұқсас минерал, ол одан жасыл түсімен ажыратылады (құрамына темір кіргендіктен). Жұқа сәулелі, қадалы, асбест тәрізді (актинолит-асбест) агрегаттарды құрайды. Кейде кристалдар ұзын призмалықтан инешеге дейін болады. Түсі әртүрлі реңкті бөтелкедей-жасыл, жасылдау-сұрдан қарауытты-жасылға дейін, кейде көк-жасыл және шөптей-жасыл болады. Жылтырлығы шыныша, жымдастығы жетілген, жарылымдарында баспалдақтай түзу еместен бақалшақтайға (нефрит) және жаңқашаға дейін (актинолит-асбест). Қаттылығы 5,5–6,0, сызық түсі ақ аздап жасылдау, тығыздығы 3,1–3,3 г/см³. Морфологиялық белгілері және агрегаттар құрылымымен байланысты келесі түрлестері белгілі:

- **Нефрит (жад)** – жасырын кристалды, тығыз, өте тұтқыр агрегат, түстері әртүрлі жасыл реңкті, жарылымдары бақалшақтай, жылтырлығы жібектей. Грек тілінен «нефрос» – «бүйрек» деп аударылады, оны бүйрек ауруын емдеуге жақсы әсер келтіреді деп санайды. Микроскоппен зерттегенде, құрамында актинолиттің микропризмалары көрінеді және диопсидтік таужыныстың қалдықтары байқалады.

- **Биссолит** – тремолиттің, жиі актинолиттің шаштай агрегаттары, олар өте жұқа инеше кристалдардан тұрады, майыстырғанда сынады.

Альпийлік кварцтық желілерде бұрымдар болып ірі кварц кристалдарының құрамына кіреді. Мөлдіртас өспей тұрып пайда болған, ал кварц өсе бастап, оларды құрамына еңгізіп алды.

- **Амиант** – амфиболды асбест (актинолит-асбест, тремолит-асбест). Бұл амфиболдар түрлесі желішектерде (қалыңдығы бірнеше см-ге дейін) пайда болады, олардың талшықтары бір-біріне параллель, ал желішектерге перпендикуляр орналасады. Талшықтардың қалыңдығы коллоидтардың дисперстік фазасына

жақын болады. Олар отқа және қышқылға төзімді, осы қасиеттерімен оларды көптеген өндірістерде пайдаланылады.

- **Смарагдит** – жұқа жапырақ тәрізді актинолиттің түрлесі, ашық немесе жарық шөптей-жасыл түсті, құрамына кішкене *Al* кіреді. Омфацилпен (дипсидтің түрлесі) бірге анартас құрамды таужыныстарда (эклогиттерде) және диаллагтық тақтатастарда кездеседі.

Метасоматиттік скарндарда, метаморфтық кристалдық тақтатастарда белгіленген.

Скарндарда – диопсид және кальцит, тақтатастарда – тальк және хлоритпен бірге болады.

Актинолит-асбест кейде өндірістік мөлшерде кездеседі, жылу изоляциялауға пайдаланады. Тремолит құрамды нефрит – бұйымдар жасауға қолданылады.

Горнбленд (мүйіз алдамшысы) $Ca_2Na(MgFe)_4 (Al,Fe)[(Si, Al)_4O_{11}]_2(OH)_2$. Аты «хори» – «мүйіз» және «бленде» – «алдамшы». Химиялық құрамы күрделі, кальцийдің мөлшері жоғары, Fe^{2+} мөлшері өскен сайын Fe^{3+} маңызы өседі. Кейде Cr^{3+} , Ti^{4+} , F , Cl , O^{2-} қоспалары тән. Гетероваленттік изоморфизмі $Ca^{2+} + Al^{3+} = Na^{1+} + Si^{4+}$ түрлі.

Сингониясы моноклиндік, кристалдары призмалық, бағаналы кейде изометриялық (32-сурет). Тұтас агрегаттары ірі және ұсақ түйірлік, ұзартылған түйірлер тән. Асбест тәрізді түзілімдер болады. Түсі жасыл немесе қоңырқай, әртүрлі реңкті, басымдысы қарауытты және қара. Сызық түсі ақ, жасылдау реңкті. Жылтырлығы шыныша, қаттылығы 5,5–6,0, тығыздығы 3,1–3,3 г/см³, жымдастығы (110) призма бойынша екі бағытта жетілген, ара бұрышы 56°, (001) бойынша жетілмеген.

Түрлестері:

- **Базальттік горнбленд (лампроболит)**, әдетте қоңырқай түсті. Эффузивтік таужыныстарға тән. Микроскопта ол зоналды, ортасы қоңырқай, ал шеткі белдемдері жасыл болады.

- **Керсутит** – TiO_2 бай (7,0-10,0 %-ға дейін) базальттік горнблендтің түрлесі.

- **Уралит** – горнблендтің пироксен бойынша псевдоморфозасы болады. Оларға тән қасиет кристалдардың сыртқы пішіндері пироксендікіндей (авгит немесе диопсид) болады.

Қышқыл, орта магмалық таужыныстардың (гранит, сиенит, диорит, гранодиорит және т.б.) негізгі минералдары болып табылады, габбролық пегматиттер, метаморфтық амфиболиттер, немесе амфиболитті тақтатастар және гнейстерде кездеседі. Гидротермалық процестер нәтижесінде, ол серпентин, хлорит, эпидот, карбонат және кварцқа айналады. Мору кезінде, нонтронит, карбонаттар, опал, лимонитке, галлуазитке айналады. Негізді лаваларда горнбленд опациттенеді, магнетит және пироксенмен ауысады.

Плагиоклаздар, калишпаттар, кварц, биотит, хлорит, рутил, лейкоксен, магнетит, апатит, циркон және т.б. бірге кездеседі.

Практикалық маңызы белгіленбеген.

Родусит $Na_2(MgFe)_3Al_2[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$. Синонимі – абриханит, асбест тәрізді талшықты **ферриглаукофанның** түрлесі болады. Эгей теңізінің Родос аралы атымен аталған, сол жақта құмды-сазды қабаттарда бірінші табылып, зерттелген. Қазақстанда, Қарсақпай ауданында мергельдердің құрамында көк немесе көкшіл-жасыл желішектерде табылған. Әлсіз метаморфталған тығыз саздарда және құмды пермь қабаттардың көкшіл-сұр және көк түсті көптеген желілерінде және желішектерінде де табылған. Соңғы кенорнында ол опалмен серіктес болады.

Бақылау сұрақтары:

1. Пироксендер, пироксеноидтар және амфиболдар топтарының кристалдық құрылымының айырмашылығы неде?
2. Пироксендер және пироксеноидтар топтарына қандай минералдар кіреді және олардың диагностикалау қасиеттері, генезисі қандай?
3. Амфиболдар тобына қандай минералдар кіреді және олардың диагностикалау қасиеттері, генезисі қандай?

3.5.4. Қабатты силикаттардың минералдары

Тальк $Mg_2[Si_4O_{10}](OH)_2$. Минералдың аты көне араб тілінен шыққан. Химиялық құрамы (%): MgO 31,67, Si_4O_{10} 63,5, H_2O 4,8. Әдетте, MgO -ның бөлшегі FeO (2,0-5,0 %-ға дейін) ауысады. Одан басқа жиі құрамында Al_2O_3 (3,0 %-ға дейін) болады, өте аз мөлшерде NiO кездеседі.

Сингониясы моноклиндік, өте сирек ромбылық және гексагондық пішінді болады. Жапырақша, қабыршақты, жиі тығыз агрегаттар тән. Оларды май тәрізді, стеатит, сабынды немесе құмыра тас деп атайды. Сирек талшық тәрізді агрегаттары кездеседі, оларды **агалит** деп атайды. Түсі ірі жапырақша түрлерінде боз-жасыл, ақ, сарғыш, жасылдау қоңырқай реңкті. Жұқа жапырақтары мөлдір немесе шала мөлдір. Жымдастығы (001) жағында аса жетілген. Жылтырлығы шыныша, меруертті құбылу тән, тығыз түрлерінде күнгірт. Қаттылығы 1, тығыздығы 2,7–2,8 г/см³, қолға майлы болып сезіледі, жапырақтары майысқақ. Отқа төзімді, аса негізді таужыныстардың гидротермалық өзгерген түрлерінде балқу температурасы 1200⁰.

Жапсар-метасоматиттік процестерде доломит пен интрузиялардың шекарасында қалыптасады. Тальктің жұқа қабыршақты агрегаттарының оливин, энстатит, диопсид, актинолит және басқа магний құрамды минералдары бойынша псевдоморфозалары белгілі. Метаморфтық процестерде талькті, тальк-актинолитті тақтатастар пайда болуы белгілі.

Гидротермалық жаратылыста – серпентин, магнезит, актинолит, магнетиттермен кездеседі. Метасоматиттік – доломит, кальцитпен; метаморфтық – актинолитпен.

Тальктің ұнтақтары қағаз және резеңке өндірістерінде, олардың көлемін ұлғайтатын толтырғыш және пайдалы қасиеттерін өсіретін материал ретінде пайдаланылады. Жоғарғы сапалы темірсіз түрлестері парфюмерияда (опа, ұнтақ, май, сықпа паста өндіруге) пайдаланылады. Бояу өндірісінде, отқа және жарыққа төзімді бояу және шыныға жазатын жұмсақ қарындаш шығаруға пайдаланады. Текстиль өндірісінде, тальк ұнтағының адсорбциялық қасиеттерінің арқасында, мақтаны ақтау, майлы дақтар кетіру және т.б. пайдаланылады. Керамикалық өндірісте, жоғарғы вольтты электроизоляциялар және глазурь өндіру, қышқыл және сілтілілерге төзімді ыдыс өндіру, су құбырларын шығаруға қолданылады. Тальк хлорит және кальцит қаспаларымен кірпіш, тақта өндіруге қолданылады. Магнезитке бай талькті таужыныстарда отқа төзімді материалдарда пайдаланады.

Серпентин $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$. Аты «серпентариа» – «жылан тәрізді» деген латын сөзінен шыққан, ол серпентинді таужыныстардың таңдақты суреттері, әсіресе тегістеп өнделген түрлерінде, жылан терісіне ұқсас болғандығымен байланысты

қойылған. Осы белгілері арқылы, оның орысша аты – **змеевик** болады. Бұрын грек тіліндегі **офит** деген аты да пайдаланған; ал қазір ол атты өзгертіп, **серпофит** деп – опал тәрізді немесе гель тәрізді түрлесі аталады. Жапырақ тәрізді хлоритке ұқсас түрлесі **антигорит** деп аталады, оның жымдастығы аса жетілмеген және морттылығы төмен. Нефрит тәрізді **боуэнит** түрлесі белгілі. Ромбылық пироксендер бойынша псевдоморфозасы **бастит** деп аталады, кристалдық түйірлі, жымдастығы жетілген, сол жазықтарында алтындай құбылмасы тән. Химиялық құрамы (%): MgO 43,0, SiO_2 44,1, H_2O 12,9. Қоспалар ретінде жиі FeO , Fe_2O_3 бірнеше пайыз боп кіреді, темірмен бай түрлестері белгілі, олар **ферросерпентин** және **ферроантигорит**, NiO пайыздың оннан бір бөлігі кірсе, ол **вильямсит** деп аталады, CaO , одан сирек Al_2O_3 5,7 %-ға дейін (**алюмосерпентин**), CaO , сирек Cr_2O_3 (**хромантигорит**), ZnO және т.б.

Сингониясы белгісіз, кристалдары кездеспейді, кристалдық боп тек қана моноклиндік антигорит табылады. Тығыз агрегаттар құрайды, кейде асбест желішектері кездеседі. Сырғанау жазықтары тән. Түсі қарауытты-жасыл жұқа сынықтарында, бөтелкедей-жасыл әртүрлі реңкті, кейде қоңырқай-жасыл. Офит боз оливалы-жасыл түсті сары реңкті. Антигорит сұр, сирек емес көкшіл реңкті. Көп түрлестері жұқа сынықтардың шеттерінде мөлдір болады. Жылтырлығы шыныша, майша, офитте – балауызша, баститте – меруерт тәрізді, сирек емес алтындай құбылысымен. Қаттылығы серпентиннің 2,5–3, антигориттің – 3,5, офиттің – 2. Жымдастығы тек қана антигорит пен баститте жетілген, жапырақтары сыңғыш болады. Меншікті салмағы 2,50–2,7 г/см³. Кейде қатты магнитті қасиет тән.

Аса негізді оливин құрамды (дунит, перидотит және т.б.) таужыныстардың гидротермалық өзгерістерінде пайда болады. Жер бетінде монтмориллонитке, темір сулы тотықтардың кремниймен қоспаларына айналады.

Тальк, хлорит, брусит, хризотил-асбест, магнезит, хромит, магнетиттермен бірге болады.

Тығыз әдемі боялған түрлестері өнімдер шығаруға пайдаланылады. Химиялық өндірістерде магнийдің қоспаларын өнімдеуге қолданады.

Хризотил-асбест $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$. Аты «хризос» – «алтын», «тилос» – талшық, ал «асбестус» – «жанғыш емес» деген грек сөздерінен шыққан. Минералда шынымен кейде алтындай құбылысы

бар. Химиялық құрамы серпентиндікіндей. Темірмен бай түрі **балтиморит** деп аталады. Мору қыртыстарында **никельді асбестер** белгілі.

Сингониясы белгісіз, рентгенометриялық зерттеулер бойынша моноклиндік болады. Серпентиннің тұтас агрегаттарының тұсында желішектерде байқалады, бір-біріне параллель орналасады немесе бұрыс тор тәрізді болады. Талшықтардың ұзындығы миллиметрдің бөлшектерінен 20,0–25,0 мм, кейде 50,0, сирек 160,0 мм-ге дейін болады. Түсі жасылдау-сары, сирек қоңырқай, босатылған кезде қардай-ақ болады. Жылтырлығы жібектей. Қаттылығы 2,0–3,0, өте жұқа иілімді және берік талшықтарға жеңіл айырылады. Талшықтардың қалыңдығы 0,0001 мм-ге дейін және одан да төмен, демек, көлденең өлшемі коллоидтардың дисперстік фазасына жақын болады. Меншікті салмағы 2,2 г/см³. Хризотил-асбест өзінің талшықты құрылымы, отқа және қышқылдарға төзімділігі, электр, дыбыс және жылылықты нашар өткізуінің арқасында өте кең қолданылады.

Жаратылысы серпентиндікіндей гидротермалық. Асбест құраушы тұтас серпентинит жаратылуы кезінде гель болған, ал кебу кезінде мөлшері кішірейіп, жарылым, жарықшалары пайда болады. Бұл жарықшаларда қабырғалары бір-бірінен ажырай беріп, жарықшалар ұлғаяды, ал ішіндегі масса созылады және талшықтанып параллель және жұқа асбестер талшықтарына бөлінеді, және олардың агрегаттары жарықшаның ұлғаю бағытына параллель орналасады. Серпентинмен бірге кездеседі.

Асбест театрларда қолданылатын отқа төзімді перделер, өрт сөндірушілердің киімдері, үйдің төбесін жабу, автомобильдердің тормоз ленталарын жасау, шарап тазалау ісінде асбесті сүзгілер жасау үшін пайдаланылады. Құрылыс істерінде асбест цементке, бояуларға қосылады, жылу және электризацияға қолданылады.

Саздар тобы

Монтмориллонит $(Al_2Mg_3)[Si_4O_{10}](OH)_2nH_2O$. Аты ол бірінші табылған Франциядағы Монтмориллоне мекені бойынша аталған. Саздар тобындағы кен тараған минералдар қатарына кіреді. Химиялық құрамы тұрақты емес, кейбір таза түрлестеріне келесі құрамы тән (%): Al_2O_3 11,0–22,0, Fe_2O_3 0–5,0 және одан да жоғары болады (**ферримонтмориллонит**), ал MgO 4,0–9,0, CaO 0,8–3,5 және одан да жоғары болса, **кальциомонтмориллонитте**, SiO_2 48,0–56,0,

H_2O 12,0–24,0, одан басқа кейде құрамында K_2O (1,0, сирек 5,0), Na_2O (0,6-ға дейін), MnO (0,2-ге дейін), FeO (0,25-ке дейін), TiO_2 (0,8-ге дейін), P_2O_5 (1,5-ге дейін), Cl (0,02-ге дейін), CO_2 (0,10-ға дейін).

Сингониясы моноклиндік, тұтас жер тәрізді агрегаттар құрайды. Түсі ақ сұрша немесе көкше реңкті, қызғылт, қызғылт-қызыл, кейде жасыл. Жылтырлығы күңгірт, микроскоп арқылы зерттегенде, аздап сарғыштау немесе қоңырқай қабыршақты агрегаттар боп көрінеді, жымдастығы аса жетілген. Қаттылығы – 1,0–1,5. Оның дымқылданған кезінде «сазды» иісі бар. Сумен езілгіш болады, сол кезде ол көлемін 10 есе өсіреді. Бентонитті саздардың құрамына кіреді.

Экзогендік жағдайда ғана, интрузивтік негізді таужыныстардың сілтілі жағдайда моруында, теңізді алқаптарда жанартаулық күлдердің бұзылуы кезінде пайда болады. Негізді диабаздар, базальттар, габбро және перидотиттердің мору кыртыстарында кең тараған. Граниттердің және диориттердің топырақтары мору кезінде, пегматиттердің тотыққан белдемдерінде коллоидты түрлері даладағы тұздалған сілтілі топырақтарында кездеседі.

Бейделлит, авгит, биотит, далашпаттармен бірге болады. Мұнай өндірістерінде мұнайды басқа қоспалардан, мата шығару өндірістерінде оларды майдан тазалау кезінде, толтырғыш ретінде резеңке өндірісінде, сабын және косметика (опа, бет бояуы, ерін помадасы, тіс ұнтағы және сықпасы) шығаруға, медицинада (смекта, таблеткалар) пайдаланылады.

Нонтронит $(Fe,Al)_2[Si_4O_{10}](OH)_2nH_2O$. Монтмориллониттің темірмен бай түрлесі, сол үшін оны **ферримонтмориллонит** деп атау керек еді. Химиялық құрамы: Al_2O_3 (14,0 %-ға дейін), MgO (8,0 %-ға дейін), CaO (2,0 %-ға дейін), аз мөлшерде K_2O және NaO , кейде NiO (0,3 %-ға дейін), **хромнонтронитте** Cr_2O_3 (10,3 %-ға дейін) және басқалары.

Сингониясы моноклиндік, әдетте жер тәрізді агрегаттар құрайды, сирек тығыз жасырын кристалды опал тәрізді болады, кейде опалмен кездеседі. Түсі жасылдау-сары, фисташкілі-жасыл, темір сулы тотықтарымен боялғанда қоңырқай-жасыл болады. Болбыр түрлерінде жылтырлығы күңгірт, ал тығыздарында – балауызша. Қаттылығы 2,0–2,5, тығыз түрлерінің жарылымдары бақалшақтай, мортты, болбыр, қолға майлы болады, жымдастығы тек қабыршақты түрлерінде микроскопта ғана көрінеді. Тығыздығы 1,727–1,870 г/см³, басқа қасиеттерімен монтмориллонитке ұқсас келеді.

Аса негізді магмалық перидотиттер, дуниттердің мору түзілімдерінде кездеседі.

Опал, темір тотықтарымен бірге серіктес болады.

Никель құрамды нонтронит – никель кені болады.

Каолинит $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$. Аты «као-линг» – «биік тау» деген Қытайдың кенорыны бойынша қойылған. Өзінің тобындағы көп тараған минерал боп табылады. Химиялық құрамы: Al_2O_3 (39,5 %-ға дейін), SiO_2 (46,5 %-ға дейін), H_2O (14,0 %-ға дейін). Кренеземі көп түрлесі **аноксит** деп аталады. Бұл түрлесі биотит және авгит бойынша дамыған псевдоморфозалар құрайды. Қоспалар ретінде аз мөлшерде Fe_2O_3 , MgO , CaO , K_2O және Na_2O , BaO , SiO_2 және басқалары болады.

Сингониясы моноклиндік, жақсы құралған пластинкалы кристалдар сирек кездеседі және олардың өлшемі ұсақ 1 мм-ге дейін болады. Жиі құрт тәрізді кристалдық түзілімдері кездеседі. Бөлек қабыршақтар гексагонды, ромбылық және тригондық келбетті болады. Агрегаттары болбыр, қабыршақты немесе тығыз ұсақ түйіршекті, кейде сауыс пішінді болады. Бөлек қабыршақтар немесе пластинкалар түссіз, тұтас агрегаттар ақ, сирек емес сары, қызылырақ, кейде жасылдау немесе көкшіл реңкті. Бөлек қабыршықтарға және пластинкаларына меруерт тәрізді, ал тұтас агрегаттарына күңгірт жылтырлық тән. Қаттылығы 1,0 шамасында, жымдастығы (001) жағында аса жетілген, тығыздығы 2,58–2,60 г/см³.

Гранит, гнейс, кварцты порфирлердің мору кезінде пайда болады. Топырақтарда гумустық қышқылдардың әрекетінен, төмен температуралы гидротермалық процестерде пайда болады. Қоңыр көмірлердің кенорындарында сазды қабаттарын құрайды.

Далашпаттар, слюдалар, цеолиттермен бірге болады. Каолинит далашпаттар, мусковит, скаполит, лейцит, андалузит, пирофиллит бойынша псевдоморфозалар құрайды.

Керамикалық өндірістерде жұқа керамикада – фарфор және фаянс шығаруға пайдаланылады. Құрылыста – отқа төзімді материалдарда, кірпіште және сылақта қолданылады. Қағаз өндірісінде толтырғыш ретінде – қағаз тегіс және тығыз болуы үшін, кейбір қағаздардың құрамында каолинит 40,0 %-ға дейін болады. Клеенка, линолеум, олиф қоспаларында, қарындаштар, бояулар және т.б. шығаруға қолданылады.

Слюдадар тобы

Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$. Минералдың аты итальяндықтардың Мәскеуді – Муска деп атағанынан шыққан. Кезінде мусковиттің үлкен жапырақтары «мәскеу шынысы» деп Мәскеуден батысқа тасымалданған. Химиялық құрамы (%): K_2O 11,8, Al_2O_3 38,5, SiO_2 (45,2 %-ға дейін), H_2O (4,5 %-ға дейін). **Фенгит** деп аталатын түрлесінде SiO_2 47,0-49,0 % және одан жоғары, **алургитте** одан басқа Mn^{2+} және Mn^{3+} болады. Жарық жасыл түсті хром құрамды (Cr_2O_3 бірнеше пайыз) слюда **фуксит** деп аталады. Барий құрамды мусковит **бариомусковит** (эллахерит) деп аталады. Қоспалар ретінде аз мөлшерде Fe_2O_3 , MgO , Fe , сирек MnO , CaO , Na_2O , LiO_2 , TiO_2 және F . Түрлесі құрамында Fe_2O_3 -ке бай (13,0 %-ға дейін) болса, **ферримусковит** деп аталады.

Сингониясы моноклиндік, кристалдары тақташа немесе пластинкалы, көлденең кималары псевдогексагондық немесе ромб тәрізді. Кейде бағаналы-пирамидалық келбеттер кездеседі, бүйір жақтары горизонталды сызықталған, егіздіктер жиі болады. Агрегаттары тұтас жапырақша-түйіршекті немесе қабыршақты. Сирек бүйрек тәрізді агрегаттары да кездеседі. Жасырын кристалды агрегаттарына жібекше жылтырлық тән, олар **серицит** деп аталады. Бұрын осындай агрегаттар **онкозин**, **жильбертит** деп аталатын. Мусковиттің түсі жұқа жымдастықты жапырақтарында түссіз, бірақ жиі сарғыш, сұрша, жасылдау және қызылдау реңкті болады. Жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында меруертті немесе күмісше. Минералдың қаттылығы 2–3. Қабыршақтары иілгіш және серпінді, тығыздығы 2,76–3,10 г/см³. Жымдастығы (001) жағы бойынша аса жетілген, (110) және (010) бойынша жетілмеген, олар сырғу жазықтары болады. Мусковит электр тогының өте жақсы изоляторы болады.

Магмалық граниттер, метасоматит грейзендер және граниттің пегматиттерінің желілерінде болады. Гидротермалық жаратылымында кездеседі. Метаморфтық кристалдық тақтатастарда, сазды тақтатастарда түзіледі.

Граниттерде – кварц, плагиоклаз, калишпат, горнбленд, биотиттермен бірге болады. Грейзендерде – топаз, лепидолит, кварц, вольфрамит, касситерит, молибденит және т.б. Мусковиттердің кристалдарында өте ұсақ циркон, брукит, рутил (сагенитті тор тәрізді), апатит, шпинель, анартас, турмалин, кварц, магнетит,

гематит (жымдастық бойынша дендриттер түрінде) кристалдары кездеседі. Гидротермалық жаратылымда әртүрлі таужыныстардың серициттенуі болады.

Метаморфтық кристалдық тақтатастарда – мусковит, сазды тақтатастарда – серицит кездеседі. Серициттің псевдоморфозалары плагиоклаз, ортоклаз, корунд, топаз, берилл, кордиерит, дистен, андалузит, скаполит, анартас бойынша дамыған.

Электризацияға, электрөндірісінде тағы да конденсатор, реостат, телефон, электрлампапар шығаруға пайдаланылады. Слюдалық ұнтақтарын (скрапты), құрылыс материалдарын өндіруге, басқа салаларда – қағаз шығару, шифер дайындау, т.б. кеңінен қолданылады.

Биотит $K(Fe,Mg)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$. Атын француз физигі Ж. Биотаның атымен байланысты қойған. Аса көп тараған минерал болады. Химиялық құрамы (%): K_2O 6,18–11,43, MgO 0,28–28,34, FeO 2,74–27,60, Fe_2O_3 0,13–20,65, Al_2O_3 9,43–31,69, SiO_2 32,83–44,94, H_2O 0,89–4,64, F 0–4,23. Қоспалары: TiO_2 (12,5 %-ға дейін) – **титано-биотит**, Na_2O (5,0 %-ға дейін) – **натробиотит**, тағы да Li_2O_3 , MnO , BaO , SrO , Cs_2O (3,0 %-ға дейін), сирек V_2O_5 , Cr_2O_3 , NiO , CoO .

Сингониясы моноклиндік, кристалдары тақташа, псевдогексагондық, сирек емес бағаналы, пирамидалы. Ірі кристалдарының құрылымы белдемді болады. Пластинкалы немесе қабыршақты-түйірлі агрегаттар құрайды. Кристалдардың друзалары сирек кездеседі. Биотит түсі қара, қоңырқай, кейде қызылсары-қызылдау, жасылдау және басқа реңкті болады. Мөлдір емес немесе шала мөлдір. Жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында меруерт тәрізді құбылмалы. Жымдастығы (001) жағы бойынша аса жетілген, ал (110) және (010) жақтарында жетілмеген. Қаттылығы 2–3, тығыздығы 3,02–3,12 г/см³. Кейбір бөлек қабыршақтары серпінді. Биотитті қара түсіне қарай оңай табуға болады.

Магмалық таужыныстар, пегматиттік желілер, метаморфтық мүйізтастар, кристалдық тақтатастар, гнейстерде пайда болады.

Магмалық таужыныстарда – кварц, горнбленд, плагиоклаз, калишпаттармен, пегматиттерде – мусковитпен болады.

Практикалық маңызы белгісіз.

Лепидолит $KLi_2Al[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$. Аты «лепис» – «қабыршақ» деген грек сөзінен шыққан. Синонимі – литионит. Сирек кездесетін слюда болады. Химиялық құрамы тұрақты емес (%): K_2O 4,82–13,85,

Li_2O 1,23–5,90, Al_2O_3 11,33–28,80, SiO_2 46,90–60,06, H_2O 0,65–3,15, F 1,36–8,71. Қоспалар ретінде: MgO (бірнеше пайыздай), FeO , MnO , CaO , Na_2O , Cs_2O , Rb_2O (кейде 3,73 %-ға дейін) және т.б. Темірі аз немесе жоқ, ал литий мен фторға бай түрлесі **полилитионит** деп аталады.

Сингониясы моноклиндік, кристалдардың келбеттері пластинкалы, псевдогексагондық, агрегаттары жапырақша-пластинкалы немесе жұқа қабыршақты. Сирек кристалдар друзаларды құрайды. Түсі ақ, бірақ жиі қызғылт, боз-күлгін кейде шабдалы-қызыл (құрамына марганец енгенде). Жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында меруерт тәрізді, күмісше. Қаттылығы 2,0–3,3, тығыздығы 2,8–2,9 г/см³, жапырақшалары иілгіш, майыстырғанда серпінді болады. Жымдастығы (001) жағы бойынша аса жетілген, ал (110) және (010) жақтарында жетілмеген.

Пневматолитті өзгерген граниттер – метасоматиттік грейзендер, пегматиттерде, жоғарғы температуралы гидротермалық желілерде болады.

Далашпаттары, кварц, мусковит (кейде параллель бірігіп өседі), сподумен, литийлі турмалин, топаз, касситерит, флюорит және т.б. бірге болады.

Цинвальдитпен бірге литий тұздарын өндіруге қолданылатын басты көзі болып табылады. Сілтілі аккумуляторлар шығару (су асты кемелері үшін), арнайы оптикалық шынылар жасау (флинтлас, опалдық және ақ), пиротехника (ашық қызыл түс), медицина, органикалық заттар синтезі және т.б. пайдаланылады.

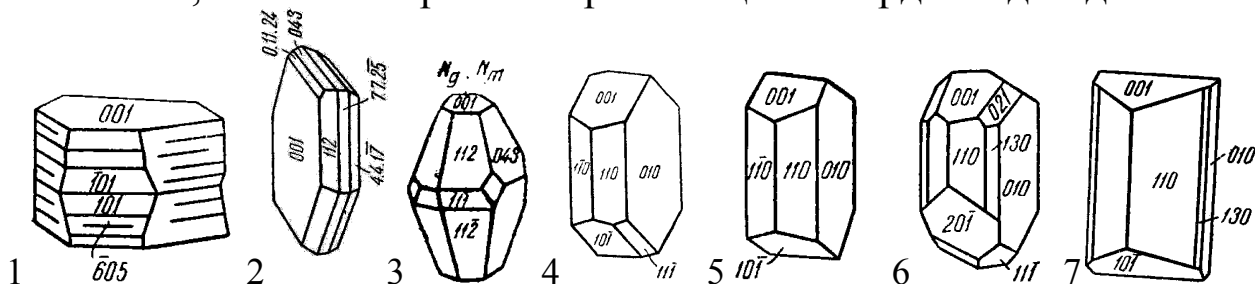
Хлориттер $Mg_4Al_2[Si_2Al_2O_{10}](OH)_8$. Аты түсімен байланысты, «хлорос» – «жасыл» деген грек сөзінен шыққан. Хлориттер тобына 25-тен (пеннин, клинохлор, прохлорит, амезит, корундофиллит, диабантит, шамозит, тюрингит, дафнит және т.б.) аса минералдар кіреді. Кен тараған хлориттер – пеннин және клинохлор болады. Олар антигорит $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$ және амезит $Mg_4Al_2[Si_2Al_2O_{10}](OH)_8$ қатарының изоморфты қосапалары болады. Бұл минералдар Mg , Fe , Al алюмосиликаттары болады, кейде құрамына Ni , Cr кіреді. Құрамдарында сілтілі элементтер және кальций жоқ. Көпшіліктерінің ұқсас генезисі және қасиеттері болады.

Сингониялары моноклиндік, жапырақша, ірі және ұсақ қабыршақты, және жасырын кристалды, радиалды-сәулелі және жер тәрізді агрегаттар құрайды (33-сурет). Түсі ашық-жасылдан

қарауытты-жасылға және қараға дейін болады (тюрингит). Жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында меруерт тәрізді, жымдастығы аса жетілген, жапырақшалары иілгіш, бірақ серпінді емес. Жарылымдары баспалдақтай, ал агрегаттарда бақалшақтай. Қаттылығы 2,0–3,0. Сызық түсі ақтан сәл жасылдауға дейін.

Метаморфтық таужыныстарда, хлоритті жасыл тақтатастарды құрайды. Горнбленд және биотиттің гидролизденуінің нәтижесінде, хлориттену процесі жүреді. Гидротермалық желілерде кездеседі.

Горнбленд, биотит, кварц, плагиоклаздар бірге болады. Актинолит, талькпен бірге – хлоритті тақтатастарда кездеседі.



33-сурет. Пенниннің кристалы (1); клинохлордың тақташа (2) және кеспек тәрізді (3) және альбиттің (4) кристалдары. Далашпаттардың призмалық кристалдары (5-6) және адулярдың (7) кристалы

Ірі темірлі (тюрингит, шамозит) хлориттер жиылымдары – темір кені болады.

Шамозит (лептохлорит) $(Fe, Mg)_3[Si_2Al_2O_{10}]nH_2O$.

Швейцарияда табылған Шамуазон деген жердің атымен аталған. Химиялық құрамы тұрақты емес (%): FeO 34,3–42,3, Fe_2O_3 0–6,0, Al_2O_3 13,0–21,0, SiO_2 22,8–29,0, H_2O 10,0–13,0. Қоспалары: MgO 4,4–7,0 (магнезиалық шамозит), CaO 1,6, TiO_2 1,1, CO_2 2,5. Макроскоппен зерттегенде, басқа минералдардың кірмелері байқалады (магнетит, сидерит, сирек емес сынықтар болады, оолиттердің ортасында, кейде сульфидтер, темір минералдары, кварцтың түйірлері және т.б.).

Сингониясы моноклиндік, оолиттер құрайды, ішкі құрылымы концентрлік-белдемді. Керіштің құрамында немесе тұтас жасырын кристалды, әлде жер тәрізді агрегаттар түрінде кездеседі. Түсі жасылдау-қарауытты сұрдан қараға дейін. Мөлдір емес, сызығы ашық жасылдау-сұр, жылтырлығы күңгірт немесе әлсіз шыныша жылтырлық тән. Қаттылығы 3, тығыздығы 3,03–3,40 г/см³.

Шөгінді көбінесе юра дәуріндегі темір кенорындарында, оттегі жетіспейтін теңіз жағалауында шөгеді.

Темір сульфидтері, сидериттермен бірге кездеседі.

Шамозитті кендер – темір кені ретінде пайдаланылады

Хризоколла $Cu/SiO_3/nH_2O$. Формуладағы n көрсеткіші 2-ге жуық болады. Аты «хризос» – «алтын», «колла» – «желім» деген грек сөздерінен шыққан. Бұрынғы заманда осы минералмен алтын бұйымдарды дәнекерлейтін. Химиялық құрамы тұрақсыз болады. Жиі келесі қоспалар құрамына кіреді: Al_2O_3 17,0 %, Fe_2O_3 7,0 %, P_2O_5 7,0-9,0 %-ға дейін (**демидовит**, **цианохальцит**). Суы көп түрлесін (3 H_2O) **асперолит** деп атайды. Тағы да CaO , MgO кіреді және т.б. Бір молекула H_2O кіретін түрлесі **бисбиит** деп аталады.

Сингониясы белгісіз, жасырын кристалды немесе аморфты болады. Ол жапырақша силикат құрылымы тұрақсыз және Cu изоморфты Al немесе Fe ауысады. Әдетте, хризоколла коллоидтарымен белгіленген. Опал тәрізді қабыршақтар үстіңгі беттері сауысқан немесе көпіршікті болады, сондай-ақ болбыр жер тәрізді түзілімдер құрайды. Түсі көгілдір, көгілдірше-жасыл немесе көк, қоңырқай (темір қоспаларымен байланысты) және қара. Таза түрлерінің сызық түсі жасылдау-ақ. Опал тәрізділерінің жылтырлығы шыныша, балауызша, күңгірт. Қаттылығы 2 таяу, кейде 4, мортты, жарылымдары түзу емес, бақалшақтай, тығыздығы 2,0–2,3 г/см³, мортты. Судың бір бөлігі 110⁰ градусқа қыздырылғанда, ал басқа бөлігі одан жоғары температурада бөлініп шығады. Тұз қышқылында еріп, ұнтақ тәрізді SiO_2 пайда болады.

Мысты кенорындарының тотығу белдемінің минералы болады, құрғақ және жылы климатты аудандарда кездеседі.

Хризаколланың малахит, азурит, атакамит, либетенит, церуссит, кальцит бойынша псевдоморфозалары белгілі. Ол су құрамында аздау болатын **планшеитке** айналуы мүмкін. Мыстың әртүрлі оттекті қоспаларымен кездеседі.

Бұйымдар жасайтын тас ретінде пайдаланылады.

Бақылау сұрақтары:

1. Қандай минералдар саздар және слюдалар топтарына жатады, олардың ерекше анықтау белгілері?
2. Қабатты силикаттардың және алюмосиликаттардың генезисі және минералдарының қолданылуы қандай болады?
3. Сазды минералдарға қандай ерекше анықтау белгісі тән және олар қандай агрегаттар түзеді?

4. Тальк, серпентин, хризотил-асбестке қандай ерекше анықтау белгісі тән және олардың қолданылуы қандай болады?

3.5.5. Қанқалы (каркасты) алюмосиликаттардың минералдары

Жоғарыда айтылғандай, қанқалы (каркасты) силикаттар және алюмосиликаттар класы **далашпаттар (фельдшпатиттер) және фельдшпатоидтар тобына** бөлінеді, радикалдары $[\text{Si}_{n-x}\text{Al}_x\text{O}_{2n}]^{-x}$.

Далашпаттар (фельдшпатиттер) тобы

Альбит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. Аты «альбус» – «ақ» деген грек сөзінен шыққан, түсі ақ болғандығымен байланысты. Сингониясы триклиндік. Таужыныс құрайтын негізді минерал болады. Жиі кездесетін түрі кант тәрізді альбит – ұсақ түйіршекті агрегат, альбит – клевеландит, ол граниттік пегматиттерде көкшіл-сұр түсті жапырақша және радиалды-сәулелі агрегаттар құрастырады (34-сурет).

Олигоклаз, № 10-30 плагиоклаздар. Аты «олигос» – «аздап», «клясис» – «айырылу» деген грек сөздерінен шыққан. Оларда жымдастықтары басқа плагиоклаздарға қарағанда нашарлау дамыған. Сингониясы триклиндік. Түсі көбінесе ақ, ал жымдастық жазықтарында сызықталған. Нәзік-көгілдір иризациясы бар олигоклаз – **беломорит** деп аталады.

Лабрадор, № 50-70 плагиоклаздар. Аты ол бірінші табылған Оңтүстік Америкадағы Лабрадор түбегінің атымен аталған. Минералдың түсі сұр, қарауытты-сұр. Жымдастық жазықтарында көк иризация байқалады.

Аттары оптикалық эффектілерімен байланысты плагиоклаздардың түрлестері:

- **«Айдың тасы» («лунный камень»)** – көкшіл-күмістей иризация құбылмасы бар қышқыл плагиоклаздарды және адулярды атайды, ашық түндерде айдың жарығының әсерінен, теңіздің беті осылай құбылып тұрғанымен ұқсатып қойған.

- **Авантюрин немесе «күннің тасы»** – әдемі ұшқынды-алтындай құбылмалары бар қышқыл плагиоклаздар және калий-натрийлік шпаттар, ол гематиттің ұсақ қабыршақтарының кірмелерімен байланысты пайда болған қасиет.

Далашпаттардың құрамында көп тараған плагиоклаздар көбінесе магмалық таужыныстарды құраушы, басты минералдар қатарына жатады. Кремнезем аз габбро, базальт және басқаларында,

кальциймен бай негізді плагиоклаздар магнезиялық-темірлі силикаттармен бірге кездеседі; ал қышқылдау таужыныстарда (диориттер, граниттер, кварцты порфирлер және т.б.) таужыныс құраушы минералдар ретінде орта және қышқыл плагиоклаздар, калишпаттар, кварц және басқа силикаттар бірге кездеседі. Граниттермен байланысты пегматиттерде, альбит калишпаттар бойынша метасоматиттік жолымен пайда болады. Негізді плагиоклаздар габбролардың пегматиттерінде кездеседі. Жапсар-термалық метаморфизмде граниттермен әктастардың құрамында және шекараларында неше түрлі плагиоклаздар пайда болады. Аймақтық метаморфизм процесінде кристалдық тақтатастар жаратылғанда және альпийлік желілерде альбит (кальциймен бай плагиоклаздар тұрақсыз келеді) пайда болады. Альпілік желілерде тамаша құрастырылған альбиттің кристалдары кездеседі, олар жарықшалардың қабырғаларында кварц, хлорит және басқа минералдардың кристалдарымен бірге өскен. Олар Швейцария және Австрия Альпі желілерінде жиі, көптеп кездеседі.

Қышқыл ерітінділердің нәтижесінде плагиоклаздар серициттенеді. Олар өзгеріске ұшырағанда скаполиттенеді, соссюриттенеді, цеолиттенеді, каолиниттенеді және т.б. Мору қыртыстарында калишпаттармен бірге каолинитке ауысады. Кварц, калишпаттар, биотит, горнбленд, пироксендер, оливин, серицит, соссюрит және т.б. бірге кездеседі.

Лабрадорлар үйлерді қабаттауда, құлпытастар ретінде пайдаланылады. Айдың құбылмасы бар түрлері қымбат емес бұйымдар жасауға қолданылады.

Калий-натрийлік (калишпаттар) тобы

Алдыңғы топтың минералдарынан күрделі болады және олар нашарлау зерттелген. Сингониялары моноклиндік және триклиндік болады. Келесі маңызды мәлімет ол K^{1+} мен Na^{1+} ион радиустарының бір-бірінен айырмашылығы көп, сондай-ақ 1,33 Å және 0,98 Å сәйкес. Температура түскен кезде олар ажырап, пертиттер құрайды, олар заңды орналасқан қатты сұйықтардың ажырау өнімдері болады.

Ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$. Аты «ортоклаз» – «тік жарылғыш» деген грек сөзінен шыққан. Шынымен екібағыттағы жымдастықтарының ара бұрышы 90° болады. Түссіз мөлдір түрлесі **адуляр** деп аталады. Химиялық құрамы: K_2O 16,9 %, Al_2O_3 18,4 %, SiO_2 64,7 %. Жиі құрамында Na_2O бірнеше пайыз құрап, K_2O мөлшерінен жоғары

болуы мүмкін (**натронортоклаз**). Кейде аз мөлшерде CaO болады (натронортоклазда 3,0 %-ға дейін). Жиі өте аз мөлшерде BaO , FeO , Fe_2O_3 және т.б. Сирек элементтердің тотықтары ретінде құрамында табылғандар Ga_2O_3 , SrO және Rb_2O_3 (0,01–0,3 %).

Сингониясы моноклиндік, кристалдардың келбеттері призмалық, қарапайым егіздіктер жиі кездеседі (33-сурет). Әдетте, мөлдір емес, ортоклаздардың түсі ашық-қызғылт, қоңырқай-сары, қызылдау-сары, кейде еттей-қызыл, өте сирек, кірпіштей-қызыл болады. Жылтырлығы шыныша, адулярда ерекше шыныша. Жымдастық жазықтарында әлсіз меруерт тәрізді жылтырлық тән. Қаттылығы 6–6,5, жымдастығы (001) және (010) жақтарында екі бағытта, ара бұрышы 90° , кейбір жақтарында «мурчиссониттік» бөлектер тән, сонда олар алтындай-сары құбылмаға ие болады. Тығыздығы 2,5–2,58 г/см³. Балқу температурасы 1170° , ол қатты лейцит және сұйық шыныға бөлінеді. Түгел балқуы 1450° болады.

Басқа калишпаттар сияқты қышқыл және орта магмалық таужыныстарда, жиі жоғары температуралы эффузивтік таужыныстарында кездеседі. Метаморфтық кристалдық тақтатастарда өте сирек кездеседі. Граниттік пегматиттерде ортоклаз микроклинге қарағанда сирек болады, пегматиттік процестің соңында альбиттенеді. Жоғары температуралы магмалық таужыныстарда ортоклаз-пертиттер кездеседі, олардың пайда болуы жоғарыда айтылған. Мору кезінде каолинитке ауысады.

Кварц, плагиоклаздар, биотит, слюдалар, горнбленд және т.б. бірге болады.

Пегматиттік ортоклаз, көбінесе микроклин шыны және керамикалық өндірістерде қолданылады.

Микроклин $K[AlSi_3O_8]$. Аты «микроклин» – «аздап ауытқан» деген грек сөзінен шыққан. Жымдастықтар (010), (001) жазықтарының ара бұрышы тік бұрыштан аздап ауытқан, тек қана 20° . Химиялық құрамы ортоклаздікіндей. Ылғи құрамына елеулі мөлшерде Na_2O кіреді. Жасыл түрлесі **амазонитке** Rb_2O_3 (1,4 %-ға дейін) және Cs_2O (0,2 %-ға дейін) тән.

Сингониясы триклиндік, келбеті бойынша өте ұқсас келеді, қарапайым жай егіздіктер, жұқа полисинтетикалық және тор тәрізді егіздіктер тән, тек қана микроскоп арқылы байқалады. Ол қасиет альбиттік және периклиндік заң бойынша бір кезде кристалдануымен байланысты. Пегматиттік желілерде ірі кристалдық болады, ұрғанда

жымдастық жазықтары бойынша жеңіл бөлінеді. Индивидтер өлшемі оншақты сантиметрдей, кейде метрдей болады. Жақсы құралған кристалдар друзалары сирек емес. Түсі, әдетте ортоклаздікіндей болады, тек амазонит жасыл түсті. Амазониттің жасыл түсі біркелкі болмайды, кейде таңдақты болуы мүмкін. Жылтырлығы шыныша, жымдастық жазықтарында сәл меруертті. Қаттылығы 6-6,5, жымдастығы (001) және (010) жақтарында екі бағытта жетілген. Тығыздығы 2,54–2,57 г/см³.

Ортоклазға қарағанда ол қышқыл және сілтілі граниттер, гранодиориттер, сиенитте және т.б. жиірек кездеседі. Пегматиттік түзілімдерде ол басты минерал болады. Альпілік желілерде кездеседі. Микроклин ортоклазға қарағанда эндогендік процестердің соңғы төмен температуралы сатыларында жаратылған, басында түзілген ортоклаз полиморфты тор тәрізді микроклинге ауысқан болар. Осы микроклинді қыздырса, торлы құрылысы жоғалып кетеді. Микроклин-пертиттер жиі кездеседі, оларда қатты сұйықтардың ыдырауынан альбиттің түзілімдері микроклиннің кейде тор тәрізді ортасында пайда болады. Пертиттік құрылысы кейде көзбен көрінеді. Кварц пен микроклин бірге ерекше өскен агрегаттары «еврей тасы» немесе «жазба гранит» деп аталады. Осы заңды орналасқан түзілімдер, олардың бір мезгілде бірге кристалдануымен байланысты, оны «пегматиттік құрылым» деп атайды.

Кварц, альбит, нефелин, слюдалар және т.б. бірге кездеседі. Далашпаттар аса жоғары емес температурада (1100–1300⁰) шыныға айналады, оған каолинит пен кварц қосса суыған кезде тығыз, ақ, мөлдір масса береді, ол – фарфор.

Фарфор ыдыс және глазурь, эмаль жасауға пайдаланылады. Өте таза түрлері фарфор тістер, опалесценттік шынылар жасауға қолданылады. Әдемі жасыл түске боялған амазонит әшекейлік бұйымдар және вазалар, шкатулкалар және т.б. шығаруға пайдаланылады.

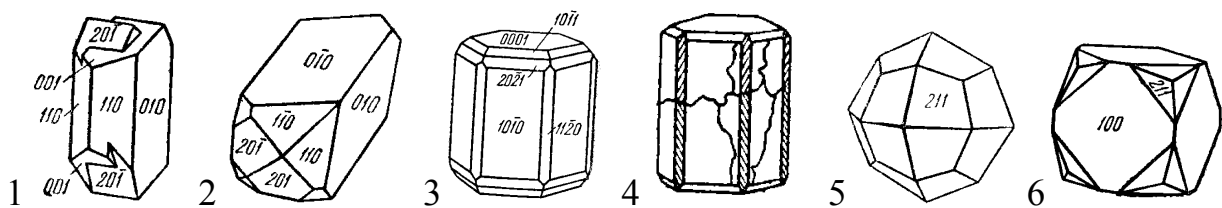
Фельдшпатоидтар тобы

Бұл топта, жоғарыда айтқандай, калишпаттар тобының минералдарына қарағанда, кремнеземі аз алюмосиликаттарды қарастырамыз.

Нефелин $Na[AlSiO_4]$. Аты «нефели» – «бұлт» деген грек сөзінен шыққан, бұл минерал күшті қышқылдарда бұзылғанда, бұлт тәрізді кремнеземге айналады. Сілтілі магмалық таужыныстардың басты

минералы болады. Химиялық құрамы, формуласына тән емес: SiO_2 әрқашан көбірек болады (3,0-10,0 %-ға дейін); тағы да K_2O ($K[AlSiO_4]$ молекуласы 5,0–20,0 %-ға дейін) кіреді. Одан басқа CaO (0,5-7,0 %-ға дейін), Fe_2O_3 , Cl , H_2O . Сирек GaO (0,01 %-ға дейін) және BeO (0,01–0,1 %). Бірінші сипаттағанда оны **христенсенит** деп атаған. Мөлдір емес, ашық түсті ірі кристалды немесе тұтас массалары **элеолит** деп аталады.

Сингониясы гексагондық, кристалдары призмалық, қысқа бағаналы немесе жалпақ тақташа. Кристалдары сирек, олар қуыстарда өседі. Кристалды-белдемді нефелиндер кездеседі. Кристалдық түйірлері бұрыс болады, немесе ірі түйірлі тұтас массалар құрайды (34-сурет). Түсі түссіз, жиі сарғыш, жасылдау, қоңырқай реңкті сұрша-ақ немесе сұр болады. Жымдастық жазықтарында жылтырлығы шыныша, жарылымдарда майша. Қаттылығы 5-6, мортты, жымдастығы жоқ, ал (001) және (100) бойынша жетілмеген, тығыздығы $2,6 \text{ г/см}^3$, балқу температурасы 1100^0 .



34-сурет. Плагиоклаздардың карлсбадтық (1) және бавендік (2) заңды егіздіктері. Нефелин (3-4), лейцит (5) және анальцимнің (6) кристалдары

Магмалық сілтілі нефелинді сиениттерде және олардың пегматиттерінде, фонолиттерде және т.б. кездеседі. Мору кезінде тез бұзылады, ол химиялық бұзылғанда, алдында қалдық өнімдерінің нәтижесінде ақ қабықпен жабылады, ал соңында үстіңгі қабаттарында каверналық шұңқырлар пайда болады.

Терең таужыныстарда – эгирин, альбит, микролин, сілтілі горнбленд; гидротермалық өзгерісте – канкринит, содалит және цеолиттер бірге кездеседі. Пегматиттерде – циркон, сфен, ильменит, апатит, биотит және бірқатар сирек минералдармен бірге болады. Нефелин аз мөлшерде шыны өндірісінде, жасыл шыны шығаруға пайдаланылады, керамика өндіруде калишпаттарды ауыстырады. Глинозем, силикагель, ультрамарин және басқа өнімдер шығаруда қолданады.

Лазурит $Na_6Ca(SO_4,Cl,S)_2[AlSiO_4]$. Құрамы бойынша нефелин тобына жақын минерал. Аты жарық-көк түсімен берілген. Синонимдері – ляпис-лазурь, ультрамарин (жасанды). Химиялық құрамы (%): Na_2O 16,8, CaO 8,7, Al_2O_3 27,2, SiO_2 31,8, SO_3 11,8, S 0,34, Cl 0,25, және көп емес H_2O , SrO , MgO , K_2O , Fe_2O_3 және CO_2 .

Сингониясы кубтық, ол тұтас және тығыз массаларда кездеседі. Түсі қою лазурлы-көк, күлгін, кейде көгілдір немесе жасылдау-сұр. Жылтырлығы шыныша, мөлдір емес. Қаттылығы 5,5, мортты, жымдастығы (110) жағында жетілмеген, тығыздығы 2,38-2,42 г/см³.

Сілтілі сиениттер, граниттер және олардың пегматиттерінің жапсарларында сирек кенорындары кездеседі.

Кальцит, пирит, глауколитпен бірге болады, тек кварцпен ешқашан кездеспейді.

Жақсы, тұрақты және әдемі бояу өндіруге көне грек және рим империяларында қолданған. Неше түрлі бұйымдар – шкатулка, ыдыс, сақина және т.б. жасауға пайдаланылған. XVII ғасырда лазуриттік тастар асыл бұйымдар, тұрмыстық заттар, каминдерді әшекейлеуге пайдаланған. Пирит сеппелері бар көкшіл-күлгін түрлестері өте құнды болады. Санкт-Петербург мұражайларында, Исакиев соборы колонналарында, Қысқы сарайдың қабырғаларынан, Эрмитажда вазалар және үстелдерден көруге болады.

Лейцит $K[AlSi_2O_6]$. Аты «лейкос» – «ақ» деген грек сөзінен шыққан. Таужыныс құраушы минерал ретінде сілтілі эффузивтік таужыныстардың (лейциттік базальттар, фонолиттер, тахиттер және т.б.) құрамына кіреді. Химиялық құрамы: K_2O 21,5 %, Al_2O_3 23,5 %, SiO_2 55,0 %. Қоспа ретінде аз мөлшерде Na_2O , CaO , H_2O , ал Li , Rb және Cs -дің ізі ғана бар.

Сингониясы диморфты, температурасы 620⁰ жоғары болса, кубтық модификацияда, ал одан төмен температурада, полиморфты тетрагондық модификацияға ауысады. Кристалдардың пішіні тетрагонтриоктаэдрлік (34-сурет). Балқыған кристалдар домалақ пішінді. Жақтарының жазықтары күңгірт, оларда кейде егіздік сызықталуы көрінеді. Егіздіктері (110) жағында, сирек түйірлі агрегаттар түрінде болады. Түсі түссіз, ақ, сұрша және сарғыштау реңкпен, жиі күлдей-сұр. Жылтырлығы жарылымдарда шыныша, майша. Микроскоппен мөлдір тілімтастарды зерттегенде, оның бір кристалында әртүрлі бағытты өзіне тән полисинтетикалық егіздіктері көрінеді. Бұл минералда кірмелер ретінде пироксендер, магнетит

және т.б. жиі болып тұрады. Оларды лейциттің кристалдары тез өскен кезде иеленіп алған. Сирек емес, концентрлік-белдемді орналасады, немесе заңды орналасқан бөлімдер боп келеді. Сонда лейциттің ішкі құрылымы қанқа тәрізді болады. Қаттылығы 5–6, мортты, жымдастығы жоқ, жарылымдары бақалшақтай, тығыздығы $2,45\text{--}2,50\text{ г/см}^3$.

Жоғары температуралы магмалық минерал, ол сілтіліктермен (ең бастысы K_2O) бай және SiO_2 тапшы лавалардың катаюында жаратылады. Күлдер мен туфтарда бөлек кристалдар құрастырады.

Лейцит бойынша ортоклаз және серицит псевдоморфозалар белгілі. Кейде олар нефелин және альбитпен ауысады. Бұл псевдоморфозаларын **псевдолейцит** деп атайды, дұрысырақ айтсақ, **эпилейцит** дейді. Лейцит морығанда каолинитке ауысады. Ортоклаз 1170^0 қыздырғанда лейцитке және балқыған шыныға ауысады.

Сілтілі пироксендер (эгирин немесе эгирин-авгит), нефелиндермен бірге болады.

Кейбір елдерде, мысалы Италияда лейциттен калийлік өнімдер және металдық алюминий шығарады.

Анальцим $Na[AlSi_2O_6]H_2O$. Аты «анальцис» – «әлсіз» деген грек сөзінен шыққан. Ол 1801 ж. берілген, үйкелегенде сәл электрленеді, атын осы қасиетімен байланыстырып қойған. Химиялық құрамы: Na_2O 14,7 %, Al_2O_3 23,29 %, SiO_2 54,47 %, H_2O 8,17. Оның K_2O бай (5,0 %) түрлесі белгіленген. Кейде аз мөлшерде CaO , MgO кіреді.

Сингониясы кубтық, кристалдары лейциттей болады. Сирек кубтық кристалдар, төбелері тетрагонтриоктаэдрлердің жақтарымен аяқталған (34-сурет). Олар түйіршекті агрегаттар, кристалдардың друзаларын қуыстарда, кристалдық қабыршақтар және жеодалар құрайды. Түсі түссіз, ақ сұрша, қызылдау немесе жасылдау реңкті, кейде еттей-қызыл (темір тотықтардың пигменттеуімен байланысты). Жылтырлығы шыныша, ірі кристалдарына күрделі егіздіктер тән. Қаттылығы 5–5,5, мортты, жымдастығы жоққа тән, (001) жағында әлсіз көрінеді. Тығыздығы $2,2\text{--}2,3\text{ г/см}^3$.

Төмен температуралы гидротермалық, постмагмалық, жиі 100^0 пайда болады. Магмалық базальттарда, фенокристерінде ортоклазбен қоршалып тұрады, ал анальцимдік диабаздарда, ең соңында минералдардың араларында кристалданады. Сілтілі таужыныстардың (нефелиндік сиениттерде) пегматиттерлерінде, соңғы гидротермалық минерал ретінде нефелин бойынша дамиды. Гидротермалық күмісті кенді желілерде, бадамтасты базальттарда сомтума мыспен және басқа

минералдармен кездеседі. Лейцит, нефелин және басқа сілтіліктерге бай минералдар бойынша метасоматиттік жолмен, кейде экзогендік процесте пайда болады. Ортоклаз, лейцит, нефелиндермен бірге болады.

Пайдаланылатын саласы белгісіз.

Бақылау сұрақтары:

1. Қандай плагиоклаздар қышқыл, орта, негізді плагиоклаздарға жатады және олардың ерекше диагностикалау белгілері?
2. Ортоклаздың микроклиннен айырмашылығы неде, олардың генезісі және пайдалану салалары қандай?
3. Фельдшпатоидтар тобына қандай минералдар жатады және олардың ерекше диагностикалау белгілері және қолданылуы қандай болады?

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 *Машанов А.Ж.* Кристаллография, минералогия, петрография. – А.: Мектеп, 1969. – 367 б.
- 2 *Қожахметова М.Қ.* Минералогия, петрография. – А.: ҚазҰТУ. 1989. – 114 б.
- 3 *Абланов Б.Ф.* Минералогияға кіріспе лекциялар. – А.: ҚазҰТУ. 1991. – 111 б.
- 4 *Бетехтин А.Г.* Минералогия. – М.: ГИГЛ. 1961. – 956 с.
- 5 *Миловский А.В.* Минералогия и петрография. – М.: Недра. 1985. – 349 с.
- 6 *Попов Г.М., Шафрановский И.И.* Кристаллография. – М.: Госгеолиздат. 1955. – 295 с.
- 7 *Шуман В.* Мир камня. В двух томах, том 1, Горные породы и минералы, перевод с немецкого Т.Б. Здорика, Л.Г. Фельдмана. – М.: «Мир». 1986. – 215 с.
- 8 *Шуман В.* Мир камня. В двух томах, том 2, Драгоценные и поделочные камни, перевод с немецкого Т.Б. Здорика, Л.Г. Фельдмана. – М. «Мир», 198. – 263 с.
- 9 *Штрюмбель Г.Ш., Циммер З.Х.* Минералогический словарь. Перевод с немецкого Пряхиной Е.В., Здорик Т.Б. – М.: Недра. 1986. – 494 с.
- 10 *Джаспер Стоун.* Все о драгоценных камнях. Издание исправленное и дополненное. – СПб, «КРИСТАЛЛ»: ООО «СЗКЭО». 2009. – 176 с., с ил.
- 11 *Джаспер Стоун,* Все о лечебных и магических минералах.– СПб, «КРИСТАЛЛ»: ООО «СЗКЭО». 2009. – 176 с., с ил.
- 12 *Успенская М.Е., Посухова Т.В.* Минералогия с основами кристаллографии. Учеб. пособ. к практическим занятиям, часть 1, Введение в минералогия и кристаллография. Силикаты. – М.: Издательство Московского Университета. 2005. –100 с.
- 13 *Успенская М.Е., Посухова Т.В.* Минералогия с основами кристаллографии. Учеб. пособ. к практическим занятиям, часть 2, Систематическое описание минералов и процессы минералобразования. – М.: Издательство Московского Университета. 2005. –116 с.
- 14 *Абланов Б.Ф., Жылқыбеков Т.К.* Минералдардың химиялық құрамы. –А.: ҚазҰТУ. 1989. – 33 б.

15 *Абланов Б.Ф.* Минералдардың индивидтері мен агрегаттары. – А.: ҚазҰТУ. 1991. – 25 б.

16 Каталог минералов /минерал, драгоценные камни, полудрагоценные ...Описания минералов, характеристики драгоценных и полудрагоценных камней. Самоцветы и поделочные камни. Ювелирные и коллекционные образцы. 2010 www.catalogmineralov.ru/

17 Каталог минералов и камней мира: Свойства камней и минералов ... Каталог минералов и самоцветов мира по алфавиту. www.jewellery.org.ua/.../katalog-mineralov.htm

МАЗМҰНЫ

	КІРІСПЕ.....	3
1.	КРИСТАЛЛОГРАФИЯ НЕГІЗДЕРІ.....	6
1.1.	Кристаллография ғылымының мазмұны және оның басқа ғылымдармен байланысы.....	6
1.2.	Кристалдық заттар, олардың пайда болуы, өсуі және қасиеттері.....	6
1.3.	Кристаллохимия негіздері.....	11
1.3.1.	Химиялық байланыстар түрлері, координациялық сан. Шарлардың тығыз қалануы.....	11
1.3.2.	Изоморфизм және оның түрлері. Полиморфизм.....	14
2.	МИНЕРАЛОГИЯ.....	19
2.1.	Минералогия ғылымының мазмұны және оның басқа Жер туралы ғылымдармен байланысы.....	19
2.2.	Минералдардың табиғатта жаралуы және өзгеруі.....	24
2.2.1.	Эндогендік минералжаралу процестері (нақты магмалық саты). Нақты магмалық минералдардың парагенетикалық ассоциациясы.....	25
2.2.2.	Эндогендік минералжаралу процестері (пегматиттік саты). Пегматиттік минералдардың парагенетикалық ассоциациясы.....	30
2.2.3.	Эндогендік минералжаралу процестері (пневматолиттік және гидротермалық сатылары). Пневматолиттік және гидротермалық минералдардың парагенетикалық ассоциациясы	32
2.2.4.	Экзогендік минералжаралу процестері (мору және шөгінділер түзілу процестері). Экзогендік минералдардың парагенетикалық ассоциациясы.....	39
2.2.5.	Метаморфтық және метасоматиттік минералжаралу процестері. Метаморфтық және метасоматиттік минералдардың парагенетикалық ассоциациясы.....	44
2.3.	Минералогиялық зерттеулердің басты әдістері.....	53
2.3.1.	Далалық зерттеулер әдістері.....	54
2.3.2.	Минералогиялық зертханалық әдістер.....	55
2.4.	Минералдардың типоморфизмі, генерациялары және парагенетикалық ассоциациясы деген ұғымдар.....	59

2.5.	Жер қыртысында химиялық элементтердің таралуы, химиялық элементтер кларкі.....	61
2.6.	Минералдардың химиялық құрамы, эмпирикалық және құрылымдық формуласы.....	64
2.7.	Коллоидтық жүйелер.....	67
2.8.	Минералдардағы су.....	69
2.9.	Минералдарды жүйелеу.....	69
2.10.	Минералдар кластарының жалпы сипаттамасы.....	71
2.10.1.	Сомтума элементтер класы.....	71
2.10.2.	Сульфидтер класы.....	72
2.10.3.	Тотықтар, сулы тотықтар және галогенидтер кластары.....	73
2.10.4.	Карбонаттар, сульфаттар және ұсақ кластары.....	76
2.10.5.	Силикаттар класы.....	80
3.	МИНЕРАЛДАРДЫҢ КЛАСТАР БОЙЫНША ЖАЛПЫ СИПАТТАМАСЫ	94
3.1.	Сомтума (жеке) элементтер класының минералдары..	94
3.2.	Сульфидтер класының минералдары.....	99
3.3.	Тотықтар, сулы тотықтар және галогенидтер класының минералдары.....	113
3.4.	Карбонаттар, сульфаттар және ұсақ кластарының минералдары.....	132
3.5.	Силикаттар класының минералдары.....	146
3.5.1.	Аралдық силикаттар класының минералдары.....	146
3.5.2.	Тізбек силикаттардың (пироксендердің және пироксеноидтардың) минералдары.....	156
3.5.3.	Қос тізбек – таспа силикаттардың (амфиболдардың) минералдары.....	162
3.5.4.	Қабатты силикаттардың минералдары.....	165
3.5.5.	Қанқалы (каркасты) силикаттардың минералдары.....	176
	ӘДЕБИЕТТЕР.....	184

Оқулық басылым

Қасенова Аймхан Тұрапбайқызы

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ НЕГІЗДЕРІ ЖӘНЕ МИНЕРАЛОГИЯ

ОҚУ ҚҰРАЛЫ

АБО РБ Бастығы
Редакторы
Компьютерде беттеген

З. Ғұбайдуллина
Т. Жақсыбаева
Л. Қасжанова

Басуға қол қойылды 28.08.2012 ж.
Пішімі 60x84 1/16. №1 баспаханалық қағаз.
Көлемі 11,8 есепті баспа табақ. Шартты баспа табақ 10,9.
Таралымы 300 дана. Тапсырыс № 606.
Бағасы келісімді.

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің басылымы,
Ақпараттық-баспа орталығы.
Алматы қ., Қ.И. Сәтбаев көш., 22

ISBN 978-601-228-351-8

