

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
GEOLOGİYA VƏ GEOFİZİKA İNSTİTUTU**

Əlyazması hüququnda

ƏSGƏROV RƏŞAD QƏDİM oğlu

**TÖRƏMƏ KVARSİTLƏRİN (GƏDƏBƏY FİLİZ RAYONU)
QƏLƏVİ, QƏLƏVİ-TORPAQ ELEMENTLİ BİR SIRA Al, Mg-
SİLİKATLARININ QURULUŞU VƏ ÇEVİRİLMƏLƏRİNİN
KRİSTALLOKİMYƏVİ TƏDQIQI**

2516.01 – Mineralogiya, kristalloqrafiya

Yer elmləri üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKI – 2016

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi Bakı Dövlət Universitetində yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: Əməkdar elm xadimi, geologiya-mineralogiya elmləri doktoru, professor **M.İ. Çıraqov**

Rəsmi opponentlər: geologiya-mineralogiya elmləri doktoru, akademik **A.C. İsmayılzadə**

kimya elmləri doktoru, professor
S.T. Əmirov

Aparıcı müəssisə: ADNSU-nun “Faydalı qazıntı yataqlarının geologiyası və işlənilməsi” kafedrası

Dissertasiya işinin müdafiəsi ___ dekabr 2016-cı il saat 14³⁰-da AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun nəzdindəki D.01.081 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ-1143, Bakı şəh., Hüseyn Cavid prospekti, 119
Faks: (+99412) 537 22 85
E-mail: gja@azdata.net

Dissertasiya ilə AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat ___ noyabr 2016-cı ildə göndərilmişdir.

D.01.081 Dissertasiya şurasının elmi katibi, t.f.d.



D.R. Mirzəyeva

GİRİŞ

İşin aktuallığı. Mineralların quruluşlarının difraksiya və müqayisəli kristallokimya üsulları ilə dəqiq öyrənilməsi, yer qabığının geoloji inkişaf tarixində süxurların, o cümlədən, filiz və qeyri-filiz yataqlarının formalaşmasını səciyyələndirmək üçün mühüm əhəmiyyət daşıyır. Geoloji proseslərin təsirindən mineralın çevrilərək kristallaşmaqla başqa minerala keçməsi və ya yeni mineral növünün yaranması kimi faza əmələgəlmənin quruluş mexanizmi və çevrilərək kristallaşma istiqamətliliyini öyrənməklə geoloji hadisələrin məkan və zaman daxilində dəyişmələrinə aydınlıq gətirmək olar. Mineralların tərkib dəyişmələri, kristal quruluşları, quruluş parametrlərinin dəyişməsi, kristal quruluşlarında müxtəlif kristalloqrafik vəziyyətlərdə metallik kationların yaratdığı izomorf əvəzləmələrin təbiəti, onların konsentrasiyalarının kəmiyyətə dəqiqləşdirilməsi kimi əlamətlərin mineral əmələgəlmə şəraiti ilə əlaqələndirilməsi geologiya elminə yeni məna verir. Qələvi və qələvi torpaq elementli kationlar saxlayan Al və Mg silikatların kristal quruluşlarının hidrotermal mühitdə çevrilərək kristallaşma istiqamətliliyinin müqayisəli kristallokimya və müasir fiziki-kimyəvi tədqiqat üsulları ilə öyrənilməsi və nəticələrin mineral əmələgəlmə ilə əlaqələndirilməsi aktual elmi- tədqiqat mövzudur.

Tədqiqatın məqsədi və məsələləri. İşin əsas məqsədi qələvi və qələvi torpaq element kationları saxlayan Al və Mg silikatlarının quruluşunun, hidrotermal mühitdə kristallaşma və faza çevrilmə proseslərinin öyrənilməsi, quruluşlar arasında genetik əlaqələr və onların formalaşma qanunauyğunluqlarının müəyyən edilməsidir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələləri həll etmək qarşıya qoyulmuşdur:

- Kiçik Qafqazın şimal-şərq yamacının törəmə kvarsitlərinin müqayisəli mineralogiyasına aydınlıq gətirmək;

- Müxtəlif kimyəvi tərkibli və genezisli qələvi və qələvi torpaq element kationları saxlayan alüminium və maqnezium silikatlarının quruluşlarını öyrənmək, müqayisəli kristallokimya üsulu ilə maunteynit mineralının quruluşunu təyin etmək;

- İzomorf əvəzolmanın hüdudlarını müəyyən etmək və kationların quruluşdaxili müxtəlif kristalloqrafik vəziyyətlərdə paylanmasını xarici genetik səbəblərlə əlaqələndirmək;

- Hidrotermal mühitdə qələvi və qələvi torpaq element kationları saxlayan Al, Mg-silikatlarının çevrilərək kristallaşma prosesinə və mineralların paragenetik assosiasiya yaratma səbəblərinə kristallokimyəvi aspektdə aydınlıq gətirmək;

- Hidrotermal şəraitdə törəmə kvarsiti əmələ gətirən süxurların çevrilmə mexanizmini aydınlaşdırmaq və törəmə kvarsitlərin əmələ gəlmə

şəraitini müqayisəli təhlil etmək;

Tədqiqat üsulları. Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsində kompleks fiziki-kimyəvi tədqiqat üsullarından istifadə olunmuşdur. Mineralların oksid tərkibi kimyəvi rentgenspektral analiz üsulları ilə ən müasir Bruker S4 EXPLORER spektrometridə təyin edilmişdir. Mineralların quruluşunu təyin etmək və ya dəqiqləşdirmək üçün eksperimental materiallar ən müasir avtodifraktometr APEX II CCD-dən alınmış və hesablamalarda SHELXTL kompleks proqramlarından istifadə olunmuşdur. Mineralların və çevrilərək kristallaşma məhsullarının rentgenoqrafik tədqiqatları Bruker D8ADVANCE diffraktometridə, termiki analizləri Derivatograf “Q-1500”, İQC analizləri “Varian 640-İR FT-İR” spektrometridə aparılmışdır.

İşin elmi yenilikləri.

- Kiçik Qafqazın şimal-şərq yamacında aparılan tədqiqatlar nəticəsində kvarsitlərin mineral tərkibi, yerləşmə şəraiti təyin edilmiş, genetik təsnifat sxemi işlənmişdir.

- İlk dəfə dravit mineralı ilə paragenetik assosiasiyada muskovit 3H mineralı aşkarlanmış, hər iki mineralın və üç qələvi və qələvi torpaq elementi saxlayan Al, Mg-silikatların quruluşları öyrənmişdir.

- Müqayisəli kristallokimya üsulu ilə maunteynit- $K_2Na_2Ca_2/Si_8O_{18}(OH)_2/(OH)_2 \cdot 3H_2O$ mineralının quruluşu təyin edilmişdir. Hidrotermal mühitdə dravit - NaOH, muskovit (3H) - NaOH, dravit + muskovit (3H) - NaOH sistemlərində 180-200°C, NaOH-ın 30-40% qatılığında eyni kristallik faza – hidrosodolit - $Na_8Al_6Si_6O_{24}(OH)_2 \cdot 2H_2O$ yarandığı müəyyən edilmişdir.

- İlk dəfə Al-oktaedrinin Al-tetraedrinə çevrilməsinin quruluş mexanizmi əsaslandırılmış və müxtəlif sistemlərdə eyni mineralın yaranma səbəbi izah olunmuşdur.

- İlk dəfə epidot və pumpumpellit mineralları paragenetik assosiasiya səbəbi quruluş çevrilmələri ilə müəyyənləşdirilmişdir.

- Maqmanın kristallaşma diferensiasiyasının müxtəlif mərhələlərində yaranan mineralların kristallokimyəvi bağlılığı aşkarlanmışdır.

- Hidrotermal şəraitdə maunteynit sintez olunmuş və mineralın individuallığı fiziki-kimyəvi tədqiqat üsulları ilə təsdiq edilmişdir.

İşin təcrübi əhəmiyyəti. Alınmış təcrübi və nəzəri nəticələr tədqiqat sahəsinin mineralogiyasını zənginləşdirmək, geokimyanın kristallokimya istiqaməti, qələvi və qələvi torpaq elementli Al, Mg-silikatlarının quruluşlarında ümumi kristallokimyəvi qanunauyğunluqları aşkarlamaq, qarışıq quruluşa malik yeni mineralları proqnozlaşdırmaq və fazaların çevrilərək kristallaşmasının istiqamətliliyini (ierarxallığını) müəyyən etmək üçün çox əhəmiyyətlidir. Ərazidə təşəkkül tapmış filiz faydalı qazıntı yataqları birbaşa həmin sahədə yayılmış törəmə kvarsitlərlə əlaqədar olması səbəbindən həmin əraziyə xas olan törəmə

kvarsitlərin mineralogiyasının öyrənilməsi və zənginləşdirilməsi, hidrotermal şəraitdə çevrilmələrinin dəqiqləşdirilməsi yeni yataqların kəşf olunması istiqamətində öz töhvələrini verə bilər. Kristallokimyəvi tədqiqatların nəticələri mineralların diaqnostikasında, geokimyəvi axtarış üsullarında, geokimyəvi proseslərdə kiçik və iri ölçülü metallik kationların rolunun öyrənilməsində çox dəyərlidir. Rentgen quruluş təhlilinin nəticələri məlumat materialları kimi qarışıq quruluşlu silikat və hidrosilikatların öyrənilməsində istifadə oluna bilər.

Müdafiəyə təqdim olunan əsas müddəalar.

- Kiçik Qafqazın şimal-şərq yamacının törəmə kvarsitlərinin müqayisəli mineralogiyası və minerallarda müşahidə olunan qələvi və qələvi torpaq element kationları saxlayan Al, Mg-silikatların və maunteynitin kristal quruluşları;

- Hidrotermal mühitdə mineral əmələgəlmələrin və ya çevrilərək kristallaşmaların kristallokimyəvi xüsusiyyətləri;

- Model eksperimenti ilə təbii proseslərin müqayisəsinə əsaslanan törəmə kvarsitlərin əmələgəlmə şəraiti.

İşin aprobasiyası və nəşri. Tədqiqatın nəticələri və dissertasiyanın əsas müddəaları 16 məqalə və konfrans materiallarında nəşr olunmuşdur: Dissertasiyanın əsas müddəaları BDU-nun 90 illiyinə həsr olunmuş Respublika konfransında (Bakı, 2009); 25-ci Avropa Kristalloqrafiya konqresində (Türkiyə, İstanbul, 2009); “Azərbaycan geologiyası” mövzusunda elmi konfransda (Bakı, 2010); Akademik Ş.F. Mehdiyevin 100 illiyinə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika konfransında (Bakı, 2010); “Sintez və kompleks əmələgəlmə” mövzusunda Beynəlxalq Konfransda (Rusiya, Moskva, Çernoqolovka, 2011), Heydər Əliyevin anadan olmasının 89-cu il dönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2012), Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 90-cı il dönümünə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2013) məruzə edilmişdir. Dissertasiya mövzusu üzrə Respublika və xarici jurnallar və toplularda 7 məqalə, 9 tezis çap olunmuşdur.

İşin həcmi. Dissertasiya işi 166 səhifəlik ümumi həcm, giriş, beş fəsil, nəticələr, 124 istifadə olunmuş ədəbiyyatlardan ibarətdir. İş 31 cədvəl və 29 şəkillə müşayiət olunur.

İŞİN MƏZMUNU

I Fəsil. Kiçik Qafqazın şimal-şərq yamacının (Azərbaycan hissəsi) müqayisəli mineroloji səciyyəsi. Kiçik Qafqazın Azərbaycana aid olan hissəsinin şimal-şərq yamacının, o cümlədən Gədəbəy filiz rayonu ərazisinin təbii sərvətlərlə zəngin olması uzun illərdir tədqiqatçıların nəzərindən qaçmamışdır.. Ərazini əhatə edən süxurların, xüsusilə də törəmə kvarsitlə-

rin mineroloji tərkibi E.C.Fyodorov (1910), P.N.Çirvinski (1924), G.N.Pof-fenqolts, G.P.Barsanov, İ.İ.Sitkovski (1946), Ş.Ə.Əzizbəyov, M.Ə.Qaşqay (1962), A.Z.Vəzirzadə (1954), H.X.Əfəndiyev (1957), H.H.Kərimov, V.İ.Əliyev (1971), V.M.Babazadə, S.Ə.Mahmudov (1970), C.Ə.Azadəli-yev, S.Ə.Bəktaş, F.A.Axundov, V.G.Ramazanov və b.-nin əsərlərində əks olunmuşdur. Törəmə kvarsitlər süxur əmələ gətirən mineralların miqdarına görə bir-birindən fərqlənir. Ümumi mineralları kvars, muskovit və serisit-dir, digər minerallar ayrı-ayrı massivlərdə rast gəlinir. Törəmə kvarsitlər mineral tərkibinə görə fumoral-solfatar və qreyzen tipli törəmə kvarsitlərə ayrılır. Törəmə kvarsitlərin mineral tiplərinin dəyişməsi qanunauyğun surətdə müəyyən ardıcılıqla müəyyən istiqamətdə baş verir. Bu, fumoral-solfatar tipli törəmə kvarsitlər üçün üfqi, qreyzen tip törəmə kvarsitlər üçün şaquli səciyyəvidir.

İlk dəfə rentgen quruluş təhlili üsulu ilə ərazidə yayılmış çöl şpat-larının mineral tərkibinə və tetraedr karkaslarında Si^{4+} , Al^{3+} atomlarının paylanma qanunauyğunluqlarına aşkarlıq gətirilmişdir. Temperaturun də-yişməsinin çöl şpatlarının reaksiya mexanizmi digər silikat mineralları ilə eyni olur. Bununla da çöl şpatlarının bərk məhlul əmələ gətirmə qabiliyyəti iri ölçülü kationların ölçüləri ilə əlaqələndirilir. Çöl şpatlarının difraksiya üsulları ilə tədqiqini reallaşdırmaq üçün ərazinin müxtəlif sahələrindən 30 sınaq götürülmüşdür. Difraksiya xətlərinin müqayisəsi nümunənin kimyəvi tərkibini $Or_{16.8} Al_{64.8} An_{18.4}$, ikincisi isə $Al_{83.5} An_{16.5}$ kimi göstərməyə imkan verir. 2θ (131) - 2θ (131) qiymətlərinin təyində iki hal müşahidə olunur. Birinci halda 2θ - 31° və 29.8° olması ilə 1.2° olur ki, bu da plagioklazda Si^{4+} və Al^{3+} ionlarının tetraedrik vəziyyətdə nizamlı paylanmasını təmin edir. İkinci halda isə 2θ (131) və $2\theta(131)$ qiymətlərinə uyğun olaraq bucaqların 31.8° və 29.7° olması ilə $\Delta 2\theta=2.1^\circ$ olur ki, bu da albit-anortit sırasında Al^{3+} və Si^{4+} ionlarının nizamsız paylanmasını təmin edir. Gədəbəy filiz rayonunun törəmə kvarsitlərində kvarsın geniş yayıldığı, plagioklazların, qələvi çöl şpatlarına nəzərən üstünlük təşkil etdiyi müəyyən edilmiş, digər qeyri-filiz minerallarının az yayıldığı əsaslandırılmışdır.

II Fəsil. Qələvi və qələvi torpaq elementli Al, Mg silikatların quru-luşu və kristallokimyası. Silikat və alümosilikatların quruluşunda müxtəlif tip metallik kationların müəyyən kristalloqrafik vəziyyətlərdə paylanma qanuna-uyğunluqlarına aydınlıq gətirmək, tərkib, quruluş, əmələgəlmə şəraiti arasında əlaqə yaratmaq, mineral əmələgəlmə proseslərini modelləşdirmək üçün çox vacibdir. Bu məsələnin həllində o halda dəyərli elmi nəticələr almaq olar ki, informasiya toplusu müəyyən və ya məhdud geoloji regionu əhatə etmiş olsun. Bu baxımdan Gədəbəy filiz rayonunun seçilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

2.1. Muskovit (3H)-in kristal quruluşu və kristallokimyası. İlk dəfə Gədəbəy filiz rayonunun törəmə kvarsitlərində turmalin mineralı ilə

paragenetik assosiasiyada muskovit (3H) mineralı təyin edilmişdir. Kimyəvi analiz nəticəsində mineralın oksid tərkibi (çəki %): SiO₂ - 45.1; Al₂O₃ - 34.1; FeO - 3.4; MgO - 2.3; K₂O - 11.1 və buna uyğun olaraq empirik formul: K(Al_{0.72}Fe_{0.14}Mg_{0.14})₂(Si_{0.82}Al_{0.18})₄O₁₀(OH)₂ (z=3) təyin edilmişdir. Heksaqonal qəfəsin parametrləri: a=5.2131 (1); c=29.8042(3) Å; V=701.15Å³ və 3086 difraksiya xəttinin intensivliyi APEX-II, CCD avtomatik difraktometrə təyin edilmişdir (fəza qrupu P3(1)12). Quruluş statistik üsullarla aşkarlanmış və qeyri-hidrogen atomlarının koordinatları, izotrop və anizotrop temperatur düzəlişlərini nəzərə almaqla aşağı kvadratların tammatrisa üsulu ilə dəqiqləşdirilmişdir. Nəticədə məlum olmuşdur ki, misli üç olan iki müxtəlif ekvivalent vəziyyətlərə Fe, Mg və Al atomları statistik paylanır, tetraedr torunda Si⁴⁺ → Al³⁺ əvəz olunur. 1970 qeyri-asılı reflekslər əsasında quruluşu etibarlılıq faktoru R₁[J>2σ(J)] = 0.029 və qeyri-asılı 2120 refleksə görə wR₂ = 0.062 müəyyən olunmuşdur. Quruluşu təyin etmək üçün hesabatlar SHELXTL proqramı əsasında aparılmışdır. Muskovit mineralının polimorf forması olan muskovit (3H) mineralının quruluşunda (Al, Fe, Mg) oktaedrinin dioktaedrik layları iki tərəfdən (Si, Al)₄O₁₀ tetraedr toru ilə polimerləşməsi nəticəsində quruluş bloku yaranır. Muskovit (3H) quruluşu c parametri istiqamətdə üç blok simmetriya oxu ilə təkrarlanmasından yaranır. (Si Al) – O məsafələri 1.63-1.64Å; (Al, Fe, Mg) – (OH) məsafələri 1.93-1.97Å olur. K- atomunun koordinasiya ədədi 10 olur. K – O məsafəsi 2.91-3.21Å intervalında dəyişir.

2.2. Dravit mineralının kristal quruluşu və kristallokimyası. Dravit mineralı Gədəbəy filiz rayonunda muskovit (3H) mineralı ilə paragenetik assosiasiyada rast gəlir. Prizmatik formaya malik quruluşunu öyrənmək üçün hekzaqonal qəfəsin parametrləri: a=15.9264(16); c=7.1880(15)Å; V= 1579.0(4)Å³; z= 3, fəza qrupu R3m-dir. 950 qeyri-asılı sıfırdan fərqli difraksiya xətlərinin intensivliyi avtomatik difraktometr APEX-II CCD ölçülmüşdür. Quruluş statistik üsulla təyin olunmuş və izotrop, anizotrop temperatur düzəlişləri əsasında dəqiqləşdirilmişdir. Quruluşun yekun etibarlılıq əmsalı R₁[J>2σ]=0.0343 və mümkün qeyri-asılı difraksiya xətləri üçün wR₂= 0.0512 təyin edilmişdir. Quruluşun təyin olunması nəticəsində mineralın kimyəvi tərkibi aşağıdakı kimi dəqiqləşdirilmişdir: NaAl₆Mg₃(Si₆O₁₈)(BO₃)₃(OH)₄. OH qrupu oktaedr blokunda iki Al və bir Mg atomlarının koordinasiyasına daxil olur. Dravitin əsas quruluş elementi üç oktaedrin tilləri ilə birləşib yaratdığı oktaedr qrupu və onunla polyar vəziyyətdə polimerləşmiş tetraedr halqasından ibarətdir. Bunun nəticəsində “antiqorit adacığı” yaranır. Tetraedr halqalarında Si – O məsafəsi 1.606-1.643Å olur. Məsafənin dəyişməsi bilavasitə quruluşda elektroneytrallığın təmin olunması ilə əlaqədardır. Quruluş vahidinin tərkibi Al₆Mg₃(OH)₄(Si₆O₁₈)(BO₃)₃ olur. Quruluş vahidi 3₁ və 3₂ vintvari oxlarla təkrarlanaraq dravit mineralının quruluşunu yaradır. Tetraedr həlqəsinə aid

olan oksigen atomları doqquz təpəli koordinasion  ox zl  yaradır, Na – O məsafəsi 2.733-2.823   arasında dəyişir. Dravitin quruluşuna “antiqorit adası” v  Al-oktaedrl rinin vintvari “pilləkən”lərinin polimerl m sindən yaranan qarışıq quruluş kimi baxmaq olar. Sonuncunun boşluqlarında natrium atomları yerləşir.

2.3. Epidot mineralının kristal quruluşu və kristallokimyası.

Epidot mineralının quruluşunda həm iri, həm də kiçik  l l  kationlar geniş diapazonda izomorf qarışıq yaradır. Mineralın oksid tərkibi ( aki%): SiO₂ – 37.38; TiO₂ – 0.38; Al₂O₃ – 23.86; Fe₂O₃ – 11.99; FeO – 1.6; MgO – 0.2; CaO – 23.37; MnO – 0.19; H₂O – 0.36 təyin edilmişdir. Empirik formul aşağıdakı kimi hesablanmışdır: Ca₂Mg_{0.02}Mn_{0.01}Fe²⁺_{0.01}Al_{2.34}Fe³⁺_{0.72}Ti_{0.02}Si_{12.99}O₁₂(OH). Monoklinik qəfəsin parametrləri: a=8.8301(2); b=5.6234(1); c=10.1584(2)  ;  =115.362(2) ; V=458.90(1), 5704 qeyri-asılı difraksiya xətti və fəza qrupu P2₁/m, z=2. Bruker APEX-II, CCD avtodifrakto-metrid  təyin edilmişdir. Quruluş statistik üsulla təyin edilmiş, atomların kordinatları, izotrop v  anizotrop temperatur d z li lerini nəzərə almaqla d qiql  dirilm dir. Fərq F re sintezindən hidrogen atomlarının yeri m  y-y n edilmişdir. Nəticədə mineralın kristallokimyəvi ifadəsi aşağıdakı kimi d qiql  dirilm dir: Ca₂(Fe_{0.76}Al_{0.24})Al₂H(Si₂O₇)(SiO₄)O₂. Epidotun quru-lu unda AlO₆ və (Fe,Al)O₆ oktaedri iki tip sütunlar yaradır. Birincisi olivin -bənzər sütunlar - AlO₆ oktaedrl rindən təşkil olunmuş t k oktaedr sütunu, onun “ ixıntı”larında yerl  n (Fe,Al)O₆ oktaedrləri, sonuncu vəziyyətdə dəmir və alüminium atomları statistik paylanır. İkinci tip oktaedr sütunlarını tilləri ilə biti mi  AlO₆- oktaedrləri yaradır. Təsvir olunan oktaedr sütunları /SiO₄⁴⁻ və /Si₂O₇⁶⁻ tetraedr radikalları ilə polimerl  er k qarışıq quruluş blokları yara-dırlar, sonuncunun beş  zvl  boşluğunda Ca₁ – atomları yerləşir. Bu atomlar tetraedr v  oktaedrl r  aid olan yeddi oksigen atomları ilə koordinasiya yara-daraq ətrafında bir  z n  yarımoktaedr biti mi  triqonal prizma formalı koor-dinasion  ox zl  əmələ gətirir. Quruluş blokunun tərkibi: /Ca₂Al₄H(Si₂O₇)(SiO₄)₂O₂⁷⁻ olur. Epidotun quruluşunu iki yarımq f s  ayıraraq, iki elektroneytral quruluş elementi kimi qəbul etmək olur. Birincisi kimyəvi tərkibi Ca₄(SiO₄)₂ olan iri  l l  kation saxlayan ortosilikatların quruluşu  c n səciyyəvidir. İkinci yarımq f s Al-, (Fe,Al)-oktaedrl rindən və /Si₂O₇/ diortoqruplarından formalaşır və kimyəvi tərkibi (Fe,Al)₂Al₄H₂(Si₂O₇)₂O₄ və ya 2(Fe,Al)Al₂H(Si₂O₇)O₂ olan karkas yaradır.

2.4. Aktinolitın kristal quruluşu və kristallokimyası. Tədqiqat sahəsində götürülmüş yüksək keyfiyyətli klintoamfibol monokristalının quruluşu öyrənilmişdir. Mineralın oksid tərkibi ( aki %): CaO -12.40; MgO -14.12; FeO -14.40; SiO₂ -54.12; H₂O -3.80; H₂O⁺ -1.80( 100.64) təyin edilərək empirik tərkibi hesablanmışdır: Ca_{3.80}(Mg_{6.08}Fe_{3.45})Si_{15.54}O₄₄(OH)₄·2H₂O. Monoklinik qəfəsin parametrləri: a=9.8565(5);

$b=18.1035(9)$; $c=5.3072(3)\text{\AA}$; $\beta=104.786(10)^\circ$; $V=915.68(8)$ və 4741 müstəqil difraksiya xətti və fəza qrupu C_2/m , $z=1$ təyin edilmişdir. Klinoamfibolun quruluşuna statistik üsulla aşkarlıq gətirilmiş və atomların koordinatları, izotrop və anizotrop düzəlişləri nəzərə almaqla dəqiqləşdirilmişdir. Nəticədə kristallokimyəvi formul və mineralın aktinolit olduğu müəyyən olunmuşdur:

$Ca_4 \left| (Mg_{6.4}Fe_{3.6})_{10}Si_8O_{22} \cdot Mg(OH)_2 \right|_2 \cdot 2H_2O$. Aktinolit mineralının quruluşunda iki piroksen tip $Mg_2(Si_2O_6)_2$ tərkibli quruluş vahidindən amfibol tip quruluş bloku yaranır: $2Mg_2(M1, M2)(Si_2O_6)_2 + Mg(M3)(OH)_2 \rightarrow Mg_4Si_8O_{22} \cdot Mg(OH)_2 + 2O^{2-}$ və ya $(M1)_2(M2)_2Si_8O_{22} \cdot M(3)(OH)_2$. Reaksiya nəticəsində alınan kimyəvi tərkib rombik və monoklinik amfibolların quruluşu üçün səciyyəvidir. $2 \left| Mg_4Si_8O_{22} \cdot Mg(OH)_2 \right|$ tərkibli iki quruluş blokundan klinoamfibolların quruluşu formalaşır

2.5. Vezuvian mineralının kristal quruluşu və kristallokimyası.

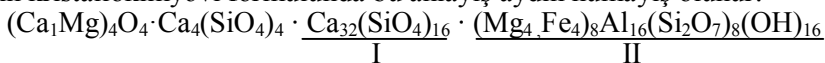
2.5.1. Vezuvianın qısa mineraloji səciyyəsi. Vezuvianın quruluşu müxtəlif müəlliflər tərəfindən müəyyən dəqiqliklə öyrənilsə də quruluşun kristallokimyəvi təsviri ədəbiyyatlarda əksini tapmır. Ən müasir difraktometrin kəşfindən sonra vezuvianın quruluşunu öyrənib, kristallokimyəvi təsvirinin dəqiqləşdirilməsi məsələsi yarandı. Vezuvian tədqiqat obyektimiz olduğundan təyin olunmuş və ədəbiyyatda verilən üç, çox da fərqlənməyən oksid tərkiblərinin orta qiyməti (çəki% -lə) verilir: SiO_2 -37.55; Al_2O_3 -16.51; Fe_2O_3 -3.62; FeO -0.27; MgO -3.50; CaO -37.03; H_2O^+ -1.54, ($\Sigma 100.02$). Mineralın empirik formulu 38 oksigen atomuna görə təyin olunmuşdur: $Ca_{9.12}(Al_{4.53}Fe_{0.47})_5Mg_{1.50}Si_{8.94}O_{34}(OH)_4$

2.5.2. Vezuvian mineralının kristal quruluşu və kristallokimyası.

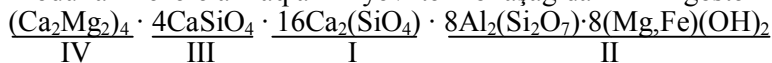
Vezuvian monokristallarından ən müasir APEX-II CCD avtodifraktometrində tetraqonal qəfəsin parametrləri $a=15.54486$, $c=11.8258(4)\text{\AA}$, $v=2857.60(5)\text{\AA}^3$, 5892 qeyri-asılı reflekslər və fəza qrupu $P4/nnc$, $z=2$ təyin edilmişdir. Quruluş statistik üsulla müəyyən edilmiş, atomların qeyri-ekvivalent koordinatları, izotrop və anizotrop temperatur düzəlişlərini nəzərə almaqla dəqiqləşdirilmişdir. Quruluşun etibarlılıq faktoru $R_1=0.025$; $\omega R_2=0.059$ olmuşdur. Mineralın kristallokimyəvi formulu $Ca_{19}(Mg_2Fe_2)_4MgAl_8(SiO_4)_{10}(Si_2O_7)_4O(OH)_8$; $z=2$ kimi aydınlaşdırılmışdır. İlk dəfə vezuvianın quruluşu qarışıq quruluşlar aspektində təsvir olunur. Atomların konfigurasiyasına və kimyəvi tərkibinə görə fərqlənən ilkin quruluş minalları ayrılır. Qarışıq quruluş anlayışını nəzərə alaraq, mineralın kimyəvi tərkibini aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar: $(Ca, Mg)_4O_4$; $Ca_4(SiO_4)_4$; $Ca_{32}(SiO_4)_{16}$, Mg və Al saxlayan diortosilikat $(Mg, Fe)Al_2(SiO_4)_2(OH)_2$. Vezuvian mineralının quruluşunun kalsium atomuna aid olan hissəsi üç tip quruluş minalından formalaşır: dörd tərtibli simmetriya oxu üzərində 4-lük vəziyyətində $2Ca+2Mg$ atomları statistik paylanaraq səkkiz təpəli çoxüzlülərin üzləri ilə birləşərək $(Ca, Mg)-(Ca, Mg)$ məsafəsi 2.8\AA olan dimerlər yaradır. İkinci tip quruluş minalını $/SiO_4/$ tetraedri və Ca -çoxüzlüsü

tillərini ümumiləşdirərək yaranır, sonunculardan c parametri istiqamətində qarışıq sütun yaradır, tərkibi isə $/CaSiO_4/^{2-}$ olur. $/SiO_4/$ tetraedrində $/Si-O/_{ort}=1.63\text{Å}$; $(O-Si-O)_{ort}=108.07^\circ$, Ca-çoxüzlüsündə $/Ca-O/_{ort}=2.42\text{Å}$ olur. Bu tip quruluş vahidləri iri ölçülü kationlu ortosilikatlar, ortofosfatlar, ortosulfatlar və digər ortotetraedr saxlayan iri kationlu birləşmələrin quurluşları üçün səciyyəvidir. İlk dəfə kalsium ortosilikatların quruluşunda bir $/SiO_4/$ tetraedri və iki Ca-çoxüzlüsü tillərini ümumiləşdirərək quruluş minalı yaradır, tərkib Ca_2SiO_4 olur. Tetraedrə $/Si-O/_{ort}=1.64\text{Å}$; $\angle(O-Si-O)_{ort}=109.50^\circ$ olur. Ekvivalent olmayan Ca- çoxüzlülərində $(Ca_3-O)_{ort}=2.40\text{Å}$; $(Ca_4-O)_{ort}=2.50\text{Å}$ olur. Vezuviyanın kimyəvi tərkibinin kiçik ölçülü kationlu hissəsində eyni tərkibli $(Mg,Fe)Al_2(SiO_4)_2$ olan iki enantiomorf quruluş minalları yaranır. Üç oktaedrdən yaranan trimerlər yan tərəfdən trans-vəziyyətdə $/SiO_4/^{4-}$ tetraedrləri ilə sərbəst tərəflərini ümumiləşdirərək $(Mg,Fe)Al_2(SiO_4)_2(OH)_2^{2-}$ tərkibli quruluş vahidi yaradır. Sonuncuların polimerləşməsi nəticəsində quruluş bloku yaranır, blokları bir-biri ilə diortoqruplar bağlayır. Bu polimerləşmə nəticəsində kimyəvi tərkib $(Mg,Fe)_2Al_4(Si_2O_7)_2(OH)_4$ kimi dəyişir. Diortoqrupda $(Si_2-O)_{ort}=1.628\text{Å}$; $[(Mg,Fe)-O]_{ort}=1.895\text{Å}$; $(O-(Mg,Fe)-O)_{ort}=90^\circ$; Al-oktaedrində $(Al-O)_{ort}=1.963\text{Å}$; $(O-Al-O)_{ort}=89.97^\circ$ olur.

2.5.3. Vezuviyanın quruluşu qarışıq quruluş aspektində. Vezuviyan mineralının quruluşunda qarışıq quruluşlar ailəsinə aid etmək olar. Mineralın kristallokimyəvi formulunda bu anlayış aydın nümayiş olunur:



Modulları nəzərə almaqla kimyəvi tərkibi aşağıdakı kimi göstərmək olar:



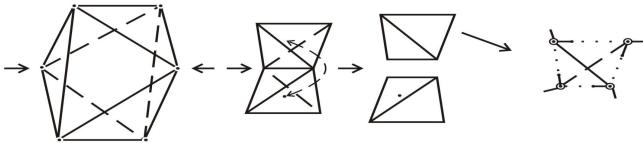
Mineralın kimyəvi tərkibində müxtəlif ölçülü kationların olması qarışıq quruluşların yaranmasına imkan verir.

III Fəsil. Qələvi və qələvi torpaq elementli Al, Mg-silikatlarının çevrilməsinin kristallokimyası. Mineralların sintezinin və çevrilmələrinin öyrənilməsində modelləşmiş eksperimentdən- hidrotermal sintez üsulundan istifadə olunur. Fəza çevrilmələrinin dinamikasını və ya istiqamətliliyini izləmək üçün nəticələrin miqdarı qiymətləndirilməsi fəza əmələgəlmənin kristallokimyəvi xüsusiyyətlərini dəqiqliklə araşdırmağı tələb edir. Mineralların sintez və çevrilmə proseslərini kristallokimyəvi aspektdə öyrənmək üçün quruluşda müxtəlif tip kimyəvi rəbitəyə malik, iri və kiçik ölçülü metallik kationlar saxlayan silikat mineralları tədqiqat obyektini kimi seçilmişdir.

3.1. Dravit və muskovit (3H) hidrotermal dəyişmiş formaları.

Hidrotermal mühitdə mineralların qarşılıqlı təsirini öyrənmək üçün dravit - NaOH (I), muskovit (3H) - NaOH(II) və dravit+muskovit (3H) - NaOH(III) sistemlər tədqiq olunmuşdur. I və II sistemlərdə turmalin və muskovit (3H)

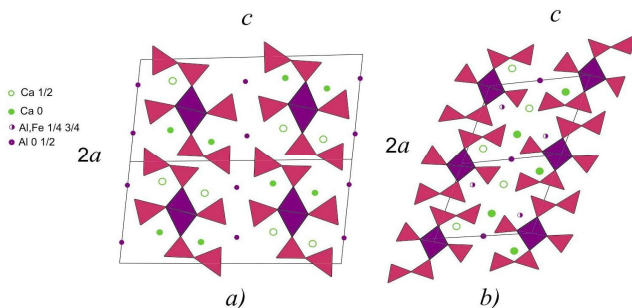
miqdarı 2.62qr., III sistemdə isə hər iki mineralın birlikdə miqdarı 4qr. götürülmüşdür. Hər üç sistemdə həlledicinin qatılığı 5% intervalında dəyişməklə 20-40%, həlledicinin həcmi 15ml, $T=200^{\circ}\text{C}$, təcrübə müddəti 20 gün. Avtoklav 45xHHFA markalı, həcmi 20ml, dolma əmsalı 80. NaOH qatılığı 30-40% olan halda, hər üç sistemdə ağ rəngli polikristallik faza alınmışdır. Sintez olunmuş fazaların difraktometrik məlumatlarının (d/n və J) müvafiq ədəbiyyat məlumatları ilə müqayisəsi hər üç sistemdə eyni kristallik fazanın hidrosodolit- $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yarandığını göstərir. Dravit, muskovit (3H) və hidrosodolitin tərkibində yeganə aşkarlıq Al:Si münasibətinin 6:6 nisbətində olmasıdır. Ancaq Al atomlarının quruluşlarda mövqeləri fərqlənir. Draviddə Al atomları yalnız oktaedrdə yerləşdiyi halda, muskovit (3H) quruluşunda Al atomları oktaedr və tetraedrlərdə yerləşir, hidrosodolitin quruluşunda isə tetraedrik vəziyyətlərdə Si^{4+} və Al^{3+} kationlarının paylanmasında yüksək nizamlılıq müşahidə olunur. Hidrotermal mühitdə mineralların hidrooksidlər səviyyəsində parçalanmasının baş verməsi, yəni $\text{Si}(\text{OH})_4$, $\text{Al}(\text{OH})_4$, $\text{Al}(\text{OH})_6$ və yeni quruluş elementlərinin yaranmasına şərait yaradır. Dravitin hidrosodolitə çevrilməsi üçün $\text{Al}(\text{OH})_6$ tərkibli oktaedrin $\text{Al}(\text{OH})_4$ tərkibli tetraedrdə çevrilməsi vacibdir. Əgər oktaedr bir dörd tərtibli ox istiqamətində qarşı-qarşıya sıxılmağa məruz qalırsa (şək.1), bu halda oktaedr tilləri ilə birləşmiş tetraedr dimerinə çevrilir. Alüminium atomunun bu və ya digər tetraedrdə olması ehtimalı eynidir, yəni istənilən halda bir tetraedr boş qalır, yəni $\text{Al}(\text{OH})_6 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_4 + (\text{H}_2\text{O})_4$.



Şək.1. Bir oktaedrin iki tetraedrdə çevrilməsi, tetraedrin biri boş, digəri isə kationla dolmuş olur. Sonda H_2O -dan təşkil olunmuş boş tetraedr.

3.2. Epidot mineralının pumpellitə çevrilməsinin kristallokimyəvi xüsusiyyətləri. Epidot və pumpellit mineralları paragenetik assosiasiyada rast gəlinir. Hidrotermal mühitin təsirindən epidot pumpellit və krenit minerallarına çevrilir. Bu geoloji prosesin mahiyyətinə aşkarlıq gətirmək üçün hər iki mineralın quruluşu kristallokimyəvi araşdırılmışdır. Epidot və pumpellit quruluşları oktaedr sütunu ilə vəziyyətlərdə bitişən $[\text{SiO}_4]$ və $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ tetraedrlərinin yaratdığı quruluş vahidlərindən formalaşır (şək.2.). Epidotun quruluşunda oktaedr sütunları (AlO_6) və $(\text{Fe,Al})\text{O}_6$ oktaedrlərindən yaranırsa, pumpellit quruluşu AlO_6 oktaedrdən, Mg-pumpellit quruluşu isə AlO_6 və MgO_6 oktaedr sütunlarından təşkil olunur. Epidotun

quruluşunda olivinəbənzər sütunda çıxıntılarda yerləşən (Fe,Al) oktaedrinə Ca-çoxüzlüsü ilə əvəz etsək pumpellitə quruluşu yaranar. Mg-pumpellitdə isə epidotun quruluşunda yaranmış bir qat oktaedr vakansiyasında Mg-oktaedr sütunu yerləşir. Pumpellit quruluşunda ekvivalent quruluş blokları tək oktaedr sütunu və Ca-çoxüzlüsü ilə birləşdikdə, Mg-pumpellit quruluşunda ekvivalent quruluş blokları AlO_6 oktaedr sütunları ilə birləşir. Epidotun quruluşunda bir qat oktaedr sütunlarının bir qismi dolmamış qalır. Belə oktaedr vakansiya ətrafında Ca-atomunun çoxüzlüləri ziqzaqvari sütunlar yaradır. Si_2O_7 diortoqrupunda Si–O–Si bucağının epidotda 154.4^0 və pumpellitdə 133.5^0 olması göstərilən fərqli quruluş əlamətləri ilə əlaqədardır. Göstərilən kristallokimyəvi çevrilmə nəticəsində hər iki mineralın iki qəfəs parametri saxlanılır, pumpellit mineralının quruluşunda β -bucağının qiyməti azalır, üçüncü parametr isə iki dəfə artır, bununla P-tip qəfəs A-tip qəfəsə çevrilir və paragenetik assosiasiya səbəblərinin izahı verilir.



Şəx. 2. Pumpellit quruluşu (a); epidotun quruluşu (b)

3.3. Maqmanın kristallaşma differensiyasının kristallokimyəvi aspektləri. Rəngli metallik elementkationları saxlayan zəncirvari, lentvari və laylı Si–O radikallı silikatların quruluşunun dəqiqləşdirilməsi nəticəsində məlum olmuşdur ki, bu silikatlar eyni quruluş minallarından formalaşır. Enantiomorf quruluş minallarının polimerləşməsi $Mg(SiO_4)_2 + Mg(SiO_4)_2 \rightarrow [Mg_2(Si_2O_6)_2]^{4-}$ nəticəsində piroksenlər üçün səciyyəvi olan quruluş vahidi yaranır. Sonuncudan mümkün piroksenlərin quruluşları formalaşır. Ümumi kristallokimyəvi ifadə $(M2)_2/(M1)_2/Si_2O_6/2$ olur. M1 kationları Si_2O_6 ilə qarışıq karkas yaradırsa, M2-karkas boşluğunda yerləşir. Maqmanın kristallaşma differensiya prosesində hər bir ardıcıl mərhələdə mürəkkəbləşmiş Si–O radikallı silikatlar yaranır. Piroksen tip quruluş vahidindən amfibol tip quruluş bloku yaranır, yəni $2Mg_2(Si_2O_6)_2 + Mg(OH)_2 \rightarrow (Mg_4Si_8O_{22} \cdot Mg(OH)_2) + 2O^{2-}$, kristallokimyəvi formul $A_2 [Mg_4Si_8O_{22} \cdot Mg(OH)_2] \cdot 2H_2O$, burada A= Ca, Mg, Mn, Fe...

olur. Piroksen tip quruluş bloku $A\bar{A}$ və ya $\bar{A}A$ olursa, amfibol tip $A\bar{A}\bar{A}A$ və ya $\bar{A}A\bar{A}\bar{A}$ olur. Laylı silikat quruluşlarının yaranmasında kimyəvi çevrilməni iki variantda göstərmək olar: a) piroksen quruluş vahidi əsasında: $Mg_2(Si_2O_6)_2 + Mg(OH)_2 \rightarrow Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2 + 2O^{2-}$; b) amfibol quruluş bloku əsasında: $2/Mg_4(Si_4O_{10})_2 \cdot Mg(OH)_2/ + 2Mg(OH)_2 \rightarrow Mg_{12}(Si_{16}O_{40})(OH)_8 + 4O^{2-}$. Hər iki halda çevrilmə nəticəsində talk mineralına uyğun tərkib yaranır. Piroksen tip üç quruluş vahidindən sepiolit quruluş bloku əmələ gəlir. Reaksiyanı aşağıdakı kimi göstərmək olar: $3[Mg_2(Si_2O_6)_2] + 2Mg(OH)_2 + nH_2O \rightarrow Mg_2Mg_6(Si_{12}O_{30})(OH)_4 \cdot nH_2O$. Quruluş minalı əsasında da $AAA\bar{A}\bar{A}\bar{A}$ təsvir etmək olar. Beləliklə, piroksenlərin, amfibolların, laylı silikatların quruluşlarının dəqiqləşdirilməsi fəza əmələgəlmə ilə, maqmanın kristallaşma differensiyasiya prosesi arasında quruluş-genetik etmək olar: olivin \rightarrow piroksen \rightarrow amfibol \rightarrow gil mineraları \rightarrow alümosilikatlar. Kristallokimyəvi araşdırmalar nəticəsində məlum olmuşdur ki, göstərilən kimyəvi çevrilmə reaksiyaları dönən xarakterlidir.

3.4. Amfibolların quruluş tipomorf xüsusiyyətləri. Piroksen və amfibolların quruluşunda metallik element atomlarının geniş diapazonda izomorf qarışıq yaratması, sonuncu ilə mineralların əmələgəlmə şəraiti arasında əlaqə yaratmağa imkan verir. (Mg, Fe) ortopiroksenlərdə Mg^{2+} və Fe^{2+} ionları M1 və M2 paylansa da temperaturun azalması ilə Fe^{2+} ionu M2 vəziyyətində paylanmağa üstünlük verir. M1 və M2 oktaedrik vəziyyətlərində bir tip kation- Fe^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Ti^{4+} və Mn^{2+} daxil olan halda M–O məsafəsinin orta qiyməti 2.145; 2.076; 2.00; 1.93; 2.00 və 2.173 olur. Amfibollar müxtəlif fiziki-kimyəvi şəraitdə kristallaşaraq süxurəmələgətirən minerallardır. Minerallar iki əlamətlə səciyyələnir: M1, M2, M3, T1(T2) vəziyyətlərində kationların əvəz olunması quruluşun sıxılması və ya genişlənməsi ilə müşayət olunur ki, bu da T, P- şəraitinin dəyişməsi ilə müşayət olunur. Quruluş tipomorfizminin əlamətlərinin amfibollarda müəyyən edilməsi dəyişən fiziki-kimyəvi şəraitə quruluşun uyğunlaşması ilə əlaqədardır. Bu əlamət amfibol saxlayan süxurların maqmatik və metamorfik kristallaşmasının bu və ya digər şəraitinə aid etmək üçün ən etibarlı kriteriya hesab olunur

IV Fəsil. Mineralların quruluşunun modelləşdirilməsi, sintezi və çevrilmələrinin kristallokimyəvi Rentgenoqrafik üsulla monoklinik qəfəsin parametrləri: $a=13.51\text{Å}$; $b=13.10\text{Å}$, 13.51Å ; $\beta=104^\circ$, fəza qrupu $P2_1$, $z=4$ təyin edilmişdir. İşdə rodezit, maunteynit və tomsonit minerallarının termoqramları müqayisə olunur və mineralların seolit tip quruluş əmələ gətirmələri göstərilir. İlk təhlil nəticəsində məlum oldu ki, maunteynit mineralının tomsonitlə heç bir quruluş oxşarlığı yoxdur. Cədvəl 1 verilən mineralların kimyəvi tərkibindən və qəfəs parametrlərindən istifadə edərək maunteynitin quruluşu təyin edilmişdir. Aydın olmuşdur ki, rodezit, delxayelit və hidrodexayelit mineralının elementar qəfəs parametrləri təxminən eynidir. Makdonaldit mineralının

qəfəsinin a və b parametrləri əvvəlki mineralların uyğun parametrlərinin iki mislinə bərabərdir. Makdonalditdə iki parametrin iki dəfə böyüməsi qarışıq karkasın seolitəbənzər boşluqlarında iri ölçülü barium ionunun paylanması ilə əlaqədardır. Rodezit, delxayelit və hidrodexayelitin a və b parametrlərindən monterecmanit mineralının a , c parametrlərini və β bucağını almaq olar, yəni $a=9.51$, $c=9.63\text{Å}$, $\beta=94^\circ$. Aydın olur ki, maunteynit və makdonalditin b parametrləri bərabər olur, bu da rodezit, delxayelit və hidrodexayelit mineralının uyğun parametrlərinin iki mislinə uyğundur, yəni $b_{\text{maunt.}} = b_{\text{makd.}} = 2b_{\text{r.d.q.d.}} = 13.10\text{Å}$. Maunteynit və makdonalditin a parametrlərinin müqayisəsi ilə təyin edilmişdir ki, $a_{\text{maunt.}} = a_{\text{makd.}} \cdot \sin\beta = 13.6\text{Å}$. Maunteynitin eksperimentindən təyin olunmuş $a_{\text{maunt.}}$ parametri 13.51Å olur. Maunteynitin c və b parametrləri ilə makdonalditin a və c parametrləri arasında qarşılıqlı əlaqə izlənilir. Maunteynitin $c_{\text{maun.}}$ parametrini tərəfləri $1/4 a_{\text{makd.}}$ və $1/2 c_{\text{makd.}}$ olan paralleloqramın diaqonalı istiqamətində seçsək, maunteynit üçün $c_{\text{maun.}}$ parametrinin qiymətini 12.25Å olduğunu müəyyən edərək. Bu halda $1/2 c_{\text{makd.}}$ və $c_{\text{maunt.}}$ arasındakı β bucağının qiyməti 17° və ya müvafiq olaraq 107° olur. $1/4 a_{\text{makd.}}$ əvəzində $1/4 a_{\text{maunt.}}$ qəbul etsək və diaqonalın qiymətini 12.25Å -dən 13.51Å -ə qədər böyütsək, bu halda $c_{\text{makd.}}$ və $c_{\text{maunt.}}$ parametrləri arasındakı bucaq 14° -ə təşkil edir və ya bu da $\beta=104^\circ$ -yə uyğun olur. $\beta=104^\circ$ -nin quyməti də maunteynitin monoklinik qəfəsində β -nın qiymətinə bərabər olur.

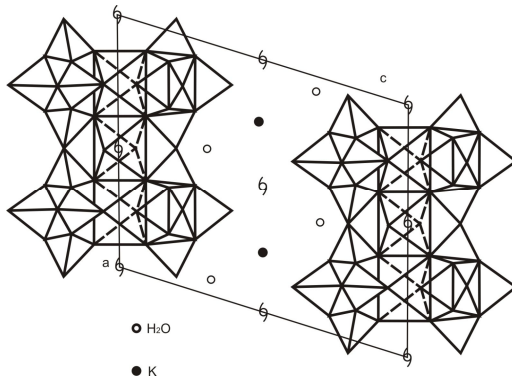
Cədvəl 1

Si_8O_{19} -radikalı saxlayan silikatların və maunteynitin kristal quruluş məlumatları

№	Mineralın adı	Kimyəvi tərkibi	Torun parametrləri (Å)			Z	Fəza qrupu	V_o (OH, H ₂ O, K) ₃ (Å ³)	V_c (Å ³)
			a, α	b, β	c, γ				
1	Maunteynit	$\text{K}_2\text{Na}_2\text{Ca}_2/\text{Si}_8\text{O}_{18}(\text{OH})_2/(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	13.51 90 ⁰	13.10 104 ⁰	13.51 90 ⁰	4	P2 ₁	21.48	23.93
2	Rodezit	$\text{HKCa}_2\text{Si}_8\text{O}_{19} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	7.11	6.56	23.42	2	Pmam	21.64	10.92
3	Delxayelit	$\text{K}_3\text{Na}_2\text{Ca}_2/(\text{AlSi}_7)\text{O}_{19}/\text{ClF}$	7.07	6.53	24.86	2	Pmnm	23.90	11.48
4	Hidrodexayelit	$\text{KH}_2\text{Ca}_2(\text{Si,Al})_8\text{O}_{19} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	7.07	6.65	23.85	2	Pmn2 ₁	21.56	11.21
5	Makdonaldit	$\text{BaCa}_4\text{H}_2\text{Si}_{16}\text{O}_{38} \cdot 10.4\text{H}_2\text{O}$	14.08	13.11	23.56	4	Cmcm	22.01	43.48
6	Monteredcianit	$\text{K}_2\text{Na}_4\text{Y}_2\text{Si}_{16}\text{O}_{38} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	9.51	23.96 93 ⁰ 85'	9.62	2	P2 ₁ /n	21.91	21.86

Maunteynitin quruluşunda a parametrlərinin 13.51Å -ə qədər kiçilməsi oktaedr layında oksigen atomlarının sıx yerləşmə əmələ gətirmələri ilə əlaqədardır. Oktaedrik layda a və c parametrlərinin iki dəfə böyüməsi natrium və kalsium atomlarının oksigen ionlarının yaratdığı iki laylı sıx yerləşmənin oktaedrik boşluqlarında nizamsız paylanmaları ilə bağlıdır. Trioktaedrik lay hər iki tərəfdən $1/2\text{Si}_{16}\text{O}_{40}$ tərkibli tetraedr toru ilə birlə-

şərk, maunteynitin quruluşu üçün səciyyəvi olan quruluş blokunu yaradır. Quruluş blokları c parametrləri ilə təkrarlanaraq maunteynit mineralının quruluşunu formalaşdırır. Ekvivalent quruluş blokları arasında kalium atomları və su molekulları yerləşir (şək. 3). Maunteynitin modelləşdirilmiş quruluşu monoklinik simmetriyaya malik olur və fəza qrupu $P2_1$ uyğun gəlir. Quruluşa əsaslanaraq mineralın kristallokimyəvi formulunu aşağıdakı kimi göstərmək olar: $K_2Na_2Ca_7/Si_8O_{18}(OH)_2/(OH)_2 \cdot 3H_2O$; $Z=4$, $\rho_{təc} = 2.36 \text{ q/sm}^3$; $\rho_{hesab} = 2.31 \text{ q/sm}^3$. Maunteynit mineralının modelləşdirilmiş quruluşundan, atomların hesablanmış koordinatları əsasında atomlararası məsafələrin orta qiymətləri aşağıdakı kimi təyin edilmişdir: $(Si - O, OH)_{ort} = 1.608\text{Å}$, $(Ca - O, OH)_{ort} = 2.352\text{Å}$, $(Na - O, OH)_{ort} = 2.342\text{Å}$, $(K - O, OH, H_2O)_{ort} = 3.220\text{Å}$.



Şək. 3. Maunteynit mineralının kristal quruluşu

4.2. Maunteynit mineralının hidrotermal sintezi və fiziki-kimyəvi üsullarla tədqiqi. Maunteynit mineralını sintez etmək üçün $K_2O(Na_2O)-CaO-SiO_2-H_2O$ sistemində komponentlərin qarşılıqlı təsiri öyrənilmişdir. Təcrübə 45xHMA markalı standart avtoklavda aparılmışdır. Təcrübə şəraiti: avtoklavın ümumi həcmi 33sm^3 , $T-190-205^\circ\text{C}$, avtoklavın doldurma əmsalı 0,8, təcrübə müddəti 20 gün.

Hələdici kimi müxtəlif qatılıqlı NaOH (15%-dən 40%-ə qədər) istifadə olunmuşdur. Qatılığın dəyişmə intervalı 5%. Şixta kimi CaO, amorf silisium-oksidi və K_2O toz halında mexaniki qarışığı istifadə olunmuşdur. Oksidlərin nisbətini təyin edərkən mineralın stexiometrik tərkibi nəzərə alınmışdır, yəni $K_2O : CaO : SiO_2 = 1:1:4$. hər bir təcrübənin nəticəsində ağ rəngli maddə süzgəc kağızı üzərində destilə olunmuş suda yuyulmuş və qurudulduqdan sonra rentgenoqramması alınmışdır.

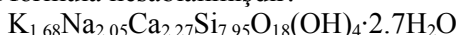
NaOH-ın qatılığından asılı olaraq beş təcrübə qoyulmuş və alınan nəticələrə rentgenoqrafik üsulla nəzarət olunmuşdur. Təcrübələr yuxarıda

göstərilən şəraitdə aparılmışdır. NaOH qatılığı 15.20% olan halda alınan maddənin difraktoqramında əsas kütlənin amorf olduğu, zəif difraksiya xətlərinin olması müşahidə edilmiş, bu xətləri də idendifikasiya etmək mümkün olmamışdır. NaOH-ın qatılığı 25%, 30%, 35% olduqda alınan toz halında olan ağ rəngli maddənin difraktoqrammasının difraksiya xətlərində müəyyən stabillik müşahidə olunmuşdur. Difraksiya xətlərinə uyğun atom müstəvilərərası məsafənin (d/n) və uyğun intensivliyin (J) qiymətləri ilə maunteynit mineralının d/n və J-nin arasında müəyyən uyğunluq müşahidə olunmuşdur. Ağ rəngli, toz halında olan faza rentgenoqrafik, kimyəvi, DTA və İQ spektroskopiyaya üsulları ilə öyrənilmişdir. Difraksiya xətlərinin müqayisəsi yeni fazanın maunteynit olması bir adla təyin etmişdir:

Sintetik maunteynit: d/J 6.58(80); 5.85(25); 4.68(75); 4.19(65);

Maunteynit mineralı: d/J 6.6(90); 5.90(30); 4.67(80); 4.18(60); 3.35(40); 3.31(35); 3.26(45); 3.18(25); 3.05(25); 2.94(100); 2.81(65); 3.36(50); 3.30(40); 3.28(50); 3.18(30); 3.04(30); 2.94(100); 2.80(70).

Kimyəvi analiz nəticəsində oksid tərkibi (çəki %): SiO₂-55.6; CaO-13.85; Na₂O-7.7; K₂O-6.8; H₂O-15.95 (Σ=99.91 təyin edilmiş və 20 oksigenə görə empirik formula hesablanmışdır:



4.3. Hidrotermal mühitdə törəmə kvarsitlə saxlayan süxurların işlənməsi. Hidrotermal şəraitdə törəmə kvarsitlərə keçmiş süxurların təbiətinə aydınlıq gətirmək üçün filiz rayonundan götürülmüş riolit və dasitin çevrilmə mexanizmi öyrənilmişdir. Təcrübə hidrotermal mühitdə xüsusi konstruksiya olunmuş “Mori” tip avtoklavda aparılmışdır. Temperatur 170-180⁰C-də, təzyiqlik avtoklavın dolma əmsalına (0.8) uyğun, yəni məhlulda doymuş buxarın təzyiqinə yaxın qəbul olunmuşdur. Təcrübə müddəti 20 gün (480 saat), həlledici kimi müxtəlif konsentrasiyada NaOH (30% və 40%) istifadə olunmuşdur. Şixtanın tərkibi riolit və ya dasit tip süxurlar olmuşdur. Hidrotermal şəraitdə komponentlərin aşağıdakı qarşılıqlı təsiri öyrənilmişdir: I. 5qr. riolit – 30% NaOH; II. 5qr. riolit – 40% NaOH; III. 5qr. dasit – 30% NaOH; IV. 5qr. Dasit- 40% NaOH.

Sintez olunmuş bərk fazaların bircinsliliyini yoxlamaq və ya idendifikasiya etmək məqsədi ilə roentgen difraktometr E\5\12752RAW (CPSLin) cihazında, 40 kV, 30 mA, CuK_α-şüası, Ni süzgəc şəraitində difraktoqramlar çəkilmişdir. Difraktoqramlardan aydın olur ki, yalnız I riolit sistemlərində iki faza yaranır, yəni Na₁₄Al₁₂Si₁₃O₅₁·6H₂O tərkibli Na-seolit və muskovit 3H- KAl₂Si₃AlO₁₀(OH)₂ mineralları əmələ gəlir. Digər üç sistemdə (II, III, IV) isə bircinsli faza Na-seoliti yaranır. Rentgenoqrafik məlumat kartlarından kimyəvi tərkibin Na₁₄Al₁₂Si₁₃O₅₁·6H₂O olması, hidrotermal mühitdə süxurların çevrilmələri nəticəsində yaranan fazaların Na-alümosilikata və ya Na-seolitə uyğun olmasını göstərir. Nəzərə alsaq ki, hidrotermal mühitdə digər tərkibli süxurların parçalanması nəticəsində də başqa seolitlərlə anal-

simin yaranması da bunu təsdiq edir. Bu əlamətləri nəzərə alaraq kubik qəfəs kimi Na-seolitə aid difraksiya xətləri $a=13.12\text{\AA}$ kubik qəfəsin parametri əsasında indekslənilir.

V Fəsil. Törəmə kvarsitlərin əmələ gəlmə şəraiti. Törəmə kvarsitlər müxtəlif tərkibli ilkin süxurların metasomatik yolla kvarslaşması nəticəsində əmələ gəlir. Kvarkslaşma prosesi bilavasitə kəskin dəyişən turş mühitin, tərkibin, temperaturun, təzyiqin və geoloji mühitin təsiri ilə əlaqədar olur. Kvarkslaşmış süxurlar qreyzenləşmə, argillitləşmə, kvarsitləşmə və digər proseslərdə süxurların dəyişməsinin məhsuludur.

5.1. Korund minerallaşması ilə əlaqədar olan törəmə kvarsitlər. Bu tip törəmə kvarsitlər alüminium oksidin miqdarı yüksək olan kvarslaşmış süxurların minerallaşmasından əmələ gəlir. Korundlu törəmə kvarsitlər sərbəst tip kimi ayrılır. Korund yatağının mərkəzi hissəsində möhtəvilər və damarlar şəklində rəst gəlinir. Törəmə kvarsitlər içərisində alüminium oksidin miqdarı yüksək olan mono- və bimineral süxurlar yerləşir.

NƏTİCƏ

1. Törəmə kvarsitlərin mineral tərkibi müasir fiziki-kimyəvi üsullar ilə öyrənilmiş, formasion mənsubiyyəti, mineral tərkibi və fasilılığı müxtəlif sahələrə uyğun sistemləşdirilmiş və müqayisəli təhlil edilmişdir. İlk dəfə ərazidə yayılmış çöl şpatları rentgenoqrafik üsulla identifikasiya edilmiş, kationların paylanmasının yüksək nizamlılığa malik olduğu və plagioklazların kənar hədlərinin üstünlük təşkil etdiyi sübut olunmuşdur.

2. İlk dəfə törəmə kvarsitlərdə paragenetik assosiasiyada rast gəlinən muskovit (3H) və dravit minerallarının quruluşları öyrənilmiş, kimyəvi tərkibləri dəqiqləşdirilmiş $(K(Al_{0.74}Fe_{0.14}Mg_{0.14})_2(Si_{0.82}Al_{0.18})_4O_{10}(OH)_3$ – muskovit (3H), $NaAl_6Mg_3(Si_6O_{18}) \cdot (BO_3)_3 \cdot (OH)_4$ – dravit) və hər iki mineralın atomlararası orta məsafələri təyin edilmişdir (muskovit (3H) üçün $(Al, Fe, Mg) - O(OH) = 1.948\text{\AA}$; $(Si, Al) - O = 1.637\text{\AA}$; $K - O = 3.039\text{\AA}$, dravit üçün $Mg - O = 2.015\text{\AA}$; $Al - O = 1.913\text{\AA}$; $Si - O = 1.621\text{\AA}$; $B - O = 1.374\text{\AA}$; $Na - O = 2.676\text{\AA}$).

3. Epidot mineralının quruluşu öyrənilmiş və kimyəvi tərkibi dəqiqləşdirilmişdir: $Ca_2(Fe_{0.76}Al_{0.24})Al_2H(Si_2O_7)(SiO_4)O_2$. Atomlararası məsafələr və valent bucaqlarının orta qiymətləri: $Si - O = 1.625\text{\AA}$; $Al - O = 1.898\text{\AA}$; $(Fe, Al) - O = 2.036\text{\AA}$; $Si - O - Si = 109.39^\circ$; $O - Al - O = 90^\circ$; $O - (Fe, Al) - O = 89.87^\circ$; $O_8 - H = 1.18\text{\AA}$; $H \dots O_6 = 1.76\text{\AA}$; $O_6 - H - O_8 = 178.8^\circ$ təyin edilmişdir. Quruluşda hidrogen atomunun H^+ formada olması və olivin tip oktaedr sütununun "çıxıntı"larında yerləşən $(Fe, Al)O_6$ oktaedrlərində Fe və Al atomlarının statistik paylanması aşkarlanmışdır. İlk dəfə epidot mineralının qarışıq quruluş tipli olması və atomlararası məsafələrlə formal valent balansının uyğunluğu əsaslandırılmışdır.

4. Aktinolit mineralının quruluşu öyrənilmiş və kimyəvi tərkibi dəqiq-

ləşdirilmişdir: $\text{Ca}_4(\text{Mg}_{6.4}\text{Fe}_{3.6})_{10}\text{Si}_{16}\text{O}_{44}(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Atomlararası məsafələrin və valent bucaqlarının orta qiymətləri: Si – O=1.639Å; (Mg, Fe) – O=2.08Å; Ca – O=2.502Å; Si – O – Si=138.7°; O – Si – O=109.41°; O – (Mg, Fe)– O=89.4° təyin edilmişdir.

5. Yüksək dəqiqliklə təyin edilmiş vezuvian mineralının quruluşu yeni kristallokimyəvi aspektdə təsvir olunmuşdur. Mineralın kimyəvi tərkibi $(\text{Ca}_{0.4}\text{Mg}_{1.6})_2\text{Ca}_9(\text{SiO}_4)_5 \cdot (\text{Al}_{1.6}\text{Fe}_{0.4})\text{Al}_4(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}(\text{OH})_4$ kimi dəqiqləşdirilmiş, atomlararası orta məsafə və valent bucaqlarının orta qiymətləri: Si – O=1.636Å; (Mg, Fe) – O=1,895Å; Al – O=1,963Å; Ca – O=2,441Å; (O – Si – O)=108.07°; [O – (Mg, Fe)– O]=90° təyin edilmişdir. İlk dəfə vezuvianın quruluşunda atomların konfigurasiyalarına görə fərqlənən ilkin quruluş minalları ayrılmışdır: bir tetradr iki Ca- koordinasiyon çoxüzlüsü ilə birləşir, tərkib $\text{Ca}_2(\text{SiO}_4)$ (I); qarışıq sütun, tərkibi $/\text{CaSiO}_4/$ (II); (Ca, Mg) atomlarının yaratdığı çoxüzlülərin dimeri- (Ca, Mg)=2,87Å (III); kiçik ölçülü kation oktaedrləri ilə $/\text{Si}_2\text{O}_7/$ yaratdığı $\text{MgAl}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2$ tərkibli quruluş minalı (IV).

6. Hidrotermal mühitdə mineralların və törəmə kvarsitləri əmələ gətirən süxurların çevrilməsinə aydınlıq gətirilmiş və kristallokimyəvi araşdırılmışdır: a) ilk dəfə hidrotermal mühitdə dravit-NaOH, muskovit (3H) – NaOH, dravit+muskovit (3H) – NaOH qarşılıqlı təsiri öyrənilmiş, eyni fiziki-kimyəvi şəraitdə hər üç sistemdə ağ rəngdə toz halında hidrosodolit – $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ mineralının individuallığı rentgenoqrafik üsulla təsdiq edilmişdir. İlk dəfə $\text{Al}(\text{OH})_6$ oktaedrinin $\text{Al}(\text{OH})_4$ tetraedrinə quruluş çevrilməsinin kristallokimyəvi mexanizmi aşkarlanmışdır: b) Maqmanın kristallaşma differensiyasının ayrı-ayrı mərhələlərində formalaşan silikatların quruluşlarının genetik bağlılığı aşkarlanmış və $/\text{Mg}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)_2/$ tərkibli quruluş vahidlərindən əmələ gəlməsinin kristallokimyəvi qanunauyğunluqları müəyyən edilmişdir; c) Hidrotermal şəraitdə I 5qr riolit-30% NaOH; II 5qr riolit- 40% NaOH; III 5qr dassit-30% NaOH; IV 5qr dassit-40% NaOH sistemlərində komponentlərin qarşılıqlı təsiri öyrənilmişdir. İlk dəfə II-IV sistemlərində $\text{Na}_{14}\text{Al}_{12}\text{Si}_{13}\text{O}_{51} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ tərkibli Na-alümosilikatın, I sistemində Na- alümosilikatlarla birgə muskovit $\text{KAl}_2 \cdot (\text{Si}_3\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ mineralının əmələ gəlməsi rentgenoqrafik üsulla təsdiq olunmuşdur.

4. Maunteynitin quruluşu modelləşdirilmiş, hidrotermal mühitdə mineral sintez olunmuş və quruluş çevrilməsi müəyyən edilmişdir. a) İlk dəfə müqayisəli kristallokimyəvi üsulu ilə maunteynit mineralında yeni quruluş tipi və Si–O radikalı kəşf edilmiş və tərkibi $\text{K}_2\text{Na}_2\text{Ca}_2/\text{Si}_8\text{O}_{18}(\text{OH})_2/(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dəqiqləşdirilmişdir. Atomlararası orta məsafələr Si – O, OH=1.608Å; Ca – O, OH=2.358Å; Na – (O, OH)=2.342Å; K – O, OH, H₂O=3.22Å təyin olunmuşdur. Quruluşda Ca, Na oktaedrləri tri oktaedrik lay əmələ gətirdiyi layın hər iki tərəfdən Si_8O_{20} tərkibli tetraedr toru ilə birləşərək quruluş bloku yaratdığı,

ekvivalent bloklardan maunteynit mineralının quruluşunun formalaşdığı və boşluqlarda K və H₂O yerləşdiyi müəyyən edilmişdir; b) İlk dəfə hidrotermal mühitdə K₂O-Na₂O-CaO-SiO₂-H₂O sistemində sintez olunan ağ rəngli polikristallik fazanın rentgenoqrafik üsulla individualığı təsdiq olunmuşdur. Kimyəvi analizində əsasında mineralın empirik formulu K_{1,67}Na_{2,03}Ca_{2,27}Si_{7,95}O₁₈(OH)₄·2.7H₂O təyin olunmuş, İQS üsulu ilə quruluşda Si – OH rabitəsinin olması aşkarlanmış və mineralın 340⁰C-də K-makdonalditə çevrilməsi fiziki-kimyəvi üsullarla əsaslandırılmışdır.

5. Mineral tərkiblərinin və mineral əmələgəlmə şəraitlərinin araşdırılması əsasında törəmə kvarsitlərin metasomatik və hidrotermal genезisə malik olduğu müəyyən edilmişdir. Törəmə kvarsitlərin formalaşmasında kükürdün oksigenli birləşmələrin rolu olduğu müəyyən edilmiş, mineral paragenezislərinin quruluş əlamətindən başqa temperaturun dəyişməsi və H₂O/H₂SO₄ nisbəti ilə təyin olunduğu aşkarlanmışdır.

Dissertasiya işinin mövzusu aşağıdakı işlərdə öz əksini tapmışdır.

1. Epidot pumpellit çevrilməsinin kristallokimyəvi aspektləri / Akademik Ş.F.Mehdiyevin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika elmi konfransı, Bakı, 2010, s. 102 (Şirinova A.F., Çıraqov M.İ.).
2. K, Na, Ca-silikat maunteynit – nanokompozit material kimi. / Ümumilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Geologiyanın aktual problemləri” mövzusunda beynəlxalq elmi konfrans. Bakı, 2013, s. 163-164 (Şirinova A.F., Çıraqov M.İ.).
3. Muskovitin quruluşunda politipiya / “Azərbaycan geologiyası” mövzusunda Respublika elmi konfransı, Bakı, 2010, s. 66-67.
4. Turmalin və muskovit minerallarının hidrotermal mühitdə çevrilmələrinin kristallokimyası və xüsusiyyətləri. Azərbaycan faydalı qazıntıları. / BDU-nun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Azərbaycan faydalı qazıntıları” mövzusunda elmi konfransın materialları, Bakı, 2009, s. 48-50 (Səmədov X.R., Şirinova A.F., Çıraqov M.İ.).
5. Гидротермально-измененные формы дравита и мусковита (3Н) в Кедабекском рудном районе // Горногеологический журнал (Казахстан), 2010, №3-4 (23-24), с.14-18 (Чирагов М.И., Ширинова А.Ф.).
6. Кристаллогическая структура везувиана – как новая разновидность смешанных силикатов. / Материалы Респуб. Науч. Конфранса по теме «Актуальные проблемы геологии» посвященный 89 летию Гейдара Алиева. Баку, 2012, с.72-74 (Ширинова А.Ф., Чирагов М.И.).
7. Кристаллохимические аспекты кристаллизационной дифференциации магмы. // Актуальные проблемы современной науки. Москва, 2014,

- №6 (79), с. 216-219 (Ширинова А.Ф., Чирагов М.И., Шарифов М.Х.).
8. Кристаллохимические особенности смешанных структур. / Материалы Респуб. Науч. Конфранса по теме «Актуальные проблемы геологии» посвященный 89 летию Гейдара Алиева. Баку, 2012, с.49-50 (Ширинова А.Ф., Чирагов М.И.).
 9. О кристаллической структуре маунтейнита $K_2Na_2Ca_2/Si_8O_{18}(OH)_2/(OH)_2 \cdot H_2O$ // Минерологический журнал (Украина), 2009, т.31, №3, с.35-38 (Чирагов М.И., Ширинова А.Ф., Рагимов К.Г.).
 10. Уточнение кристаллической структуры и кристаллохимии везувиана из метасоматитов Кедабекского рудного района (Азербайджана). // Вестник БГУ сер. Естеств. Наук. 2014, № 2, с.102-114 (Ширинова А.Ф., Чирагов М.И.).
 11. Уточнение кристаллической структуры актинолита и кристаллохимические особенности кристаллизационной дифференциации магмы. // Вестник БГУ сер. Естеств. Наук. 2011, № 2, с.84-94 (Ширинова А.Ф., Чирагов М.И., Джафаров С.Э.).
 12. Уточнение кристаллической структуры везувиана и кристаллохимия TO_4 содержащих оксидов с крупными катионами. / Материал Всероссийской научной конференции “Успехи синтеза и комплексообразования” 18-22 апрел 2011, Москва, с.311 (Ширинова А.Ф., Джафаров С.Э., Чирагов М.И.).
 13. Уточнение кристаллической структуры эпидота и кристаллохимические особенности превращения в пумпеллит. // Вестник БГУ, сер. Естеств. Наук 2011, №3, с. 67-75 (Ширинова А.Ф., Чирагов М.И.).
 14. Уточнение кристаллологической структуры дравита. // Вестник БГУ, сер. Естеств. Наук. 2010, № 1, с.123-127 (Рагимов К.Г., Чирагов М.И., Ширинова А.Ф.).
 15. Уточнение структуры эпидота состава $Ca_2Fe_{0.76}Al_{0.24}Al_2H(Si_2O_7)(SiO_4)O_2$. / Материалы Респуб. Науч. Конфранса по теме «Актуальные проблемы геологии» посвященный 100 летию Акад. Ш. Мехтиева. Баку, 21-22 декабрь, 2010, с.109-110 (Ширинова А.Ф., Чирагов М.И.).
 16. About crystal structure of mauntainite. / 25th ECM, Istanbul, august 16-21, 2009, p. 255 (Ciraqov M.I., Shirinova A.F.).



**КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СТРУКТУРЫ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ИЗ ВТОРИЧНЫХ
КВАРЦИТОВ (Гедабекский рудный район) РЯДА ШЕЛОЧНЫХ,
ШЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ Al, Mg-СИЛИКАТОВ**

РЕЗЮМЕ

На основе экспериментов автора и литературных материалов исследована сравнительная минералогия вторичных кварцитов. Впервые методом рентгеноструктурного анализа идентифицированы полевые шпаты и уточнены химические составы минералов. Установлены закономерности распределения Si_i^{4+} и Al^{3+} в тетраэдрических позициях алюмосиликатов. Впервые во вторичных кварцитах установлена полиморфная форма мусковита - мусковит (3Н) и разновидность турмалина - дравит. Новейшим автодифрактометром – АРЕХ-II CCD, получен экспериментальный набор интенсивностей, на основе этих данных с большой точностью определены структура мусковита (3Н). Определены параметры гексагональной ячейки: $a=5.2131(1)$, $c=29.8042(5)\text{Å}$, определена его структура (фактор достоверности $R=0.029$). Уточнен химический состав минерала – $K(Al_{0.72}Fe_{0.14}Mg_{0.14})(Si_{0.82}Al_{0.18})_4O_{10}(OH)_2$ ($z=3$). В структуре мусковита (3Н) установлено, что атомы Al, Fe, Mg 6 диоктаэдрической, а Si, Al тетраэдрической позициях статически распределены. Расстояния (Si, Al)-O=1.63 – 1.64Å; (Al, Fe, Mg) – O(OH) = 1.93 – 1.97Å; K – O= 2.91 – 3.21Å. Обосновано, что в структуре мусковита возложены и другие полиморфные формы. Минерал дравит встречается в парагенетических ассоциациях мусковитом (3Н). Установлены параметры гексагональной ячейки: $a=15.9264(16)$, $c=7.1880(11)$. Определена кристаллическая структура ($R=0,034$) и уточнен химический состав дравита $-NaAl_6Mg_2(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH)_4$. Также определены значения валентных углов и длина связей. В тетраэдрическом кольце расстояния Si – O= 1.606-1.643Å, $\alpha < O - Si - O=110.03^\circ-111.57^\circ$. В Mg-октаэдре Mg – O= 1.995Å 2.003Å x 2; Mg – OH=1.978 и 2.114Å. В Al-октаэдре расстояния Al – OH= 1.994, α Al – O=1.895 – 1.953Å. (BO₃)-треугольнике расстояния B – O=1.356Å, Na – O=2.733-2.823Å. Параметры моноклинной ячейки эпидота: $a=8.8301(2)$, $b=5.6234(2)$, $c=10.1584(4)$; $\beta=115.36^\circ$. Структура уточнена большой точностью ($R=0.025$). Определена химический состав минерала $Ca_2(Fe_{0.76}Al_{0.24})Al_2H(Si_2O_7)(SiO_4)O_2$. Структуру эпидота можно представить в виде: $Ca_4(SiO_4)_2 \cdot 2(Fe,Al)Al_2H(Si_2O_7)O_2$. Установлены положения водорода и значения валентных углов и длина связей. Определены параметры моноклинной ячейки актинолита: $a=9.8566(6)$,

$b=18.1039(9)$, $c=5.3072(3)\text{\AA}$, $\beta=104.786(10)^\circ$. Определена структура ($R=0.031$) и уточнен химический состав: $\text{Ca}(\text{Mg}_{6.4}\text{Fe}_{3.6})_{10}/\text{Si}_8\text{O}_{22}\cdot\text{Mg}(\text{OH})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Значения длины связей ($\text{Si}-\text{O}$)= 1.63\AA , ($\text{Mg}-\text{O}$) $_4=2.07\text{\AA}$, валентных узлов ($\text{O}-\text{S}-\text{O}$) $_{\text{cp}}=109.42^\circ$; ($\text{O}-\text{Mg}-\text{O}$) $_{\text{cp}}=89.88^\circ$; ($\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$) $_{\text{cp}}=136^\circ$ или 139.4° ; ($\text{Ca}-\text{O}$) $_{\text{cp}}=2.51\text{\AA}$. Для исследуемого региона характерный минерал- везувиан. С большой точностью определена структура ($R=0.025$) и уточнен химический состав $\text{Ca}_{19}(\text{Mg}_2\text{Fe}_2)_4\text{Al}_8\text{Mg}(\text{SiO}_8)_{10}(\text{Si}_2\text{O}_7)_4\text{O}(\text{OH})_8$ ($z=2$). Выяснено, что структура состоит из двух модулей: $(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_2$ и $(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_4$. В структуре $\text{Mg}^{2+}\rightarrow\text{Fe}^{2+}$, Fe^{3+} , а $\text{Al}^{3+}\rightarrow\text{Fe}^{3+}$ статически разупорядочены. При изучении синтеза и превращения минералов использовано моделирование эксперимента и метод гидротермальной кристаллизации. Изучены системы: дравит- NaOH; мусковит(3H)- NaOH и дравит + мусковит(3H)- NaOH. Установлено, что в указанных системах, в одинаковых концентрациях щелочей и в одинаковых условиях образуется гидросодалит- $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{OH})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. В гидротермальных условиях установлено, что эпидот превращается в пумпеллит. Выявлено, что в эпидоте в Si_2O_7 диортогруппа угол $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}=154.4^\circ$, а в пумпеллите 133.5° . Впервые в кристаллохимическом аспекте исследована кристаллизационная дифференциация магмы, выделены структурные единицы и представлен механизм превращения минералов или групп минералов. Впервые методом сравнительной кристаллохимии моделирована структура маунтейнита, для крупных металлических катионов установлен триоктаэдрический слой, двусторонне связанный с тетраэдрической сеткой Si_8O_{20} . В гидротермальной среде в системе $\text{K}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{O})-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ синтезирован минерал маунтейнит и далее выявлено, что синтетический минерал превращается в K-макдоналдит. В гидротермальных условиях обработки пароды, содержащие вторичные кварциты. Изучены системы: I риолит- 30% NaOH, II риолит - 40% NaOH, III дацит- 30% NaOH, IV дацит- 40% NaOH. В I системе образуются две фазы Na- цеолит и мусковит (3H), а в остальных трех системах образуется Na- цеолит. Для которого установлены химический состав $\text{Na}_{12}\text{Al}_{12}\text{Si}_{13}\text{O}_{50}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($z=4$) и параметры кубической ячейки $a=13.12\text{\AA}$. На основе проведенных исследований уточнено, что вторично кварциты образуются в метасоматических и гидротермальных условиях.

Asgarov Rashad Gadim

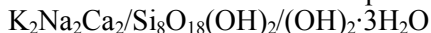
THE CRYSTALLOCHEMICAL RESEARCH OF THE CRYSTAL STRUCTURE AND TRANSFORMATIONS OF SOME Al, Mg-SILICATES FROM ALKALI, ALKALINE EARTH ELEMENTS IN SECONDARY QUARTSITE (Gedabek Ore Region)

ABSTRACT

At the result of the scientific researches in the North-East slope of the Lesser Caucasus is developed the mineral composition, located condition, genetic classification scheme of the secondary quartzite. Based on the experiments of the author and literary materials the comparative mineralogy was analyzed in the secondary quartzite. For the first time the feldspars are identified by the method of the X-ray analysis and the chemical composition of minerals are elaborated. Distribution regularity of Si_1^{4+} and Al^{3+} is arranged in the tetrahedral positions of aluminosilicates. For the first time mineral of muscovite 3H was found on the paragenetic association with dravite and was defined of the crystal structures of the minerals and other three more alkali, alkaline earth minerals. The structures parameters of the minerals were measured by using new auto-diffractometer APEX-II CCD with higher accuracy and calculated by the SHELXTL complex softwares. Defined parameters of the hexagonal cells in muscovite 3H: $a=5.2131(1)$, $c=29.8042(5)\text{\AA}$ and chemical formula is $\text{K}(\text{Al}_{0.72}\text{Fe}_{0.14}\text{Mg}_{0.14})(\text{Si}_{10.82}\text{Al}_{0.18})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ($z=3$). Measured structures parameters of dravite hexagonal cells: $a=15.9264(16)$, $c=7.1880(11)$, defined chemical composition is $\text{NaAl}_6\text{Mg}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$. The monoclinic cells structures parameters of epidote: $a=8.8301(2)$, $b=5.6234(2)$, $c=10.1584(4)$; $\beta=115.36^\circ$, chemical composition: $\text{Ca}_2(\text{Fe}_{0.76}\text{Al}_{0.24})\text{Al}_2\text{H}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}_2$. A structure of the epidote is possible to present as following: $\text{Ca}_4(\text{SiO}_4)_2 \cdot 2(\text{Fe}, \text{Al})\text{Al}_2\text{H}(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{O}_2$. The monoclinic cells parameters of the actinolite: $a=9.8566(6)$, $b=18.1039(9)$, $c=5.3072(3)\text{\AA}$, $\beta=104.786(10)^\circ$, chemical composition: $\text{Ca}(\text{Mg}_{6.4}\text{Fe}_{3.6})_{10}/\text{Si}_8\text{O}_{22} \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Vesuvian is also is characteristic minerals of the region. The structure of the mineral is defined with higher accuracy ($R=0.025$). Defined chemical composition: $\text{Ca}_{19}(\text{Mg}_2, \text{Fe}_2)_4\text{Al}_8\text{Mg}(\text{SiO}_8)_{10}(\text{Si}_2\text{O}_7)_4\text{O}(\text{OH})_8$ ($z=2$). The structure consists of two modules: $\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_2$ и $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_4$.

Using the method of the comparative crystallochemistry, chemical composition data and elementary cells parameters of rhodézite-macdonal-

dite family minerals the structure of mauntainite is simulated. Calcium and sodium atoms create octahedric walls in the structure of mauntainite. Continuous octahedric walls are connected on types of mountaineite. It is probable that OH-groups are distributed in free vertices of tetrahedrons united with the octahedral layer. On the base of described structure of mauntainite the crystallochemical formula of the mineral is presented as follows:



In the study of the synthesis and transformation of minerals used simulation experiment and hydrothermal crystallization method. Three systems are investigated in the hydrothermal condition: dravite – NaOH (I); muscovite (3H) – NaOH (II); dravite + muscovite (3H) – NaOH. It is established that in the specified three systems at high alkalis concentrations (NaOH = 30-40%) and $t=200^\circ\text{C}$ is formed one crystal phase – hyrosodalite - $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Samples from main rock which transform to secondary quartzite are experimented in the hydrothermal condition on 4 systems: I) rhyolite - 30% NaOH, II) rhyolite- 40% NaOH, III) dacite - 30% NaOH, IV) dacite - 40% NaOH. In the I system two phase: Na-zeolite and muscovite 3H, in other three systems only Na-zeolite was generated.

Sifariş № 38. Tirajı 100 nüsxə

Azərbaycan MEA Geologiya və Geofizika İnstitutu
«Nafta-Press» nəşriyyatı
Bakı, H.Cavid pr. 119, Tel.: 539-39-72

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ**

На правах рукописи

РАШАД ГАДИМ ОГЛУ АСКЕРОВ

**КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СТРУКТУРЫ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ИЗ ВТОРИЧНЫХ
КВАРЦИТОВ (Гедабекский рудный район) РЯДА ШЕЛОЧНЫХ,
ШЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ Al, Mg-СИЛИКАТОВ**

2516.01 – Минералогия, кристаллография

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискании ученой степени
доктора философии по наукам о Земле

БАКУ – 2016