

UOT 548.706.6

## TURMALİN QRUPU MİNERALLARINDA İZOMORFİZM

A.F.ŞİRİNOVA, M.İ.ÇİRAQOV

*Bakı Dövlət Universiteti**afashf@rambler.ru*

*Turmalin qrupu mineralların növmüxtəlifliklərinin kristal quruluşunu müqayisəli kristallokimya üsulu ilə araşdıraraq iri və kiçikölçülü metallik kationların yaratdığı izovalent və heterovalent izomorfizm hadisəsinin təbiətinə və mahiyyətinə aydınlıq gətirilmişdir.*

**Açar sözlər:** turmalin, izomorfizm, quruluş

İzomorfizm hadisəsi geokimya elminin əsas istiqamətlərindən biri olub, təbii mineraləmələgəlmə proseslərində gedən gizli qanunauyğunluqlara aşkarlıq gətirmək üçün xüsusi dəyərlərə malikdir. Mineralogiyanın fundamental problemi olan - tərkib - quruluş - əmələgəlmə şəraiti arasında genetik əlaqələr yaratmaq üçün çox əhəmiyyətlidir (1). Minerallarda müxtəlif tipomorf formalara aydınlıq gətirmək və bu hadisəni mineraləmələgəlmə şəraiti ilə əlaqələndirmək, geokimyəvi prosesləri modelləşdirmək, yeni mineral növlərini proqnozlaşdırmaq üçün vacib məsələlərdəndir.

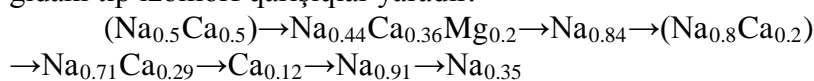
Mürəkkəb kimyəvi tərkibə malik turmalin mineralının və onun növ müxtəlifliklərinin quruluşlarında iri və kiçikölçülü kationların yaratdığı izo- və heterovalent izomorfizm hadisəsinin mahiyyətinə aşkarlıq gətirmək üçün, 60-a qədər turmalin mineralının növ müxtəlifliklərinin quruluşu, kristallokimyəvi araşdırılmışdır.

Turmalin mineralının quruluşunun əsas quruluş elementi üç maqnezium oktaedrinin sıx yerləşməindən yaranmışdır.  $MgO_6$  oktaedrinə polyar vəziyyətdə  $|Si_6O_{18}|$  tetraedr halqası birləşir, bu da antiqorit layının bir quruluş elementi olduğundan "antiqorit adası" adlanır. Üç  $MgO_6$  oktaedrlərinin təpələrinin birləşdiyi vəziyyətdə (OH)-qrupu yerləşir. Təsvir olunan quruluş elementində  $|Si_6O_{18}|$  tetraedr halqası üzərində iriölçülü (Na, Ca) kationu yerləşir. Göstərilən anion qrupu altı  $AlO_6$  oktaedri və üç  $BO_3$  üçbucağı ilə birləşərək turmalin tip quruluş vahidini formalaşdırır. Quruluş  $3_1$  vintvari oxla təkrarlanaraq,  $AlO_6$  oktaedrinə ziqzaqvari oktaedr pilləkəninə çevirir və ox istiqamətində birinci antiqorit adası dördüncüdə təkrar olunur. Təsvir olunan

quruluş blokundan turmalin tip quruluş formalaşır. Beləliklə, mineralın kristallokimyəvi ifadəsi  $\text{NaMg}_3\text{Al}_6(\text{OH})_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})$  olur. Bu quruluş tipində müxtəlif kristalloqrafik vəziyyətlərdə iri və kiçikölçülü kationlar geniş diapozonda izomorf qarışıq yaradır. Araşdırılmış mineralların xarakterik nümayəndələrinin kristal-quruluş parametrləri cədvəldə əksini tapır.

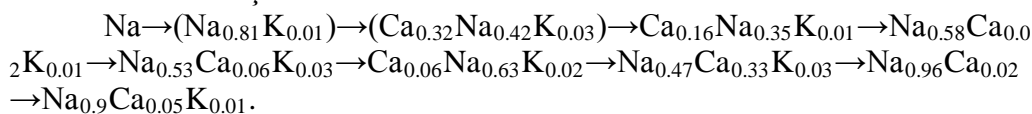
İşdə turmalinin və onun növ müxtəlifliyi quruluşunda izomorfizm hadisəsi geniş məsşabda araşdırılmışdır. İzomorf əvəzləməni əyani şəkildə nümayiş etdirmək üçün turmalin ailəsi minerallarını ümumi formula ilə ifadə etmək olar:  $\text{AB}_4\text{C}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)(\text{OH}, \text{O}, \text{F})_4$

A vəziyyətində kalsium atomu üstünlük təşkil etdiyi halda  $\text{OH}^- \rightarrow \text{O}^{2-}$  ilə əvəz olunur. Turmalin mineralında (2) A vəziyyətində iriölçülü kationlar aşağıdakı tip izomorf qarışıqlar yaradır.



B və C vəziyyətlərində izomorf əvəzləmə eyni olmur. Al C vəziyyətində izomorf əvəzləməyə zəif məruz qalır, B vəziyyətində Mg geniş diapozonda izomorf qarışıq yaradır. Bu bilavasitə oksigenlə metal atomları arasında valent cazibəsinin fərqli olması ilə əlaqədardır.

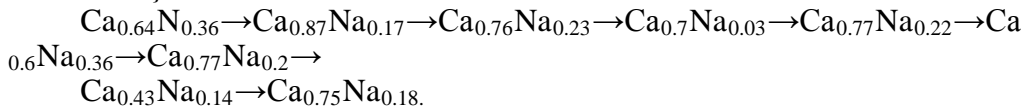
Dravit mineralının (3,4) iriölçülü kation vəziyyətində aşağıdakı tip izomorf əvəzləmə müşahidə olunur:



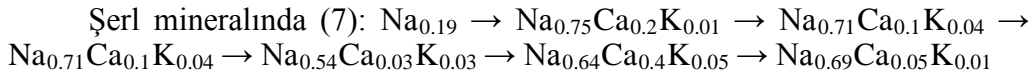
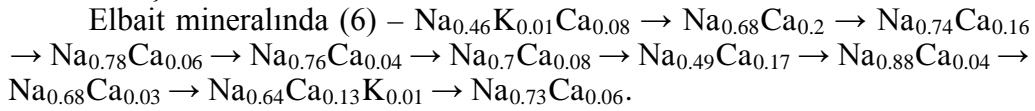
### Turmalin və növmüxtəlifliklərinin kristal-quruluş parametrləri

№	Mineralın adı və kimyəvi tərkibi	Elementar qəfəs par.			z	Fəza qəf.	V <sub>qəf</sub>	Ədəb
		a	b	c				
1	Turmalin $\text{Na}_{0.35}(\text{Al}, \text{Co})_3(\text{Al}, \text{Co}, \text{Ti})_6(\text{Si}, \text{B})_6$ $\text{O}_{18}(\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{O})_4$	15.753	15.753	7.053	3	R3m	1515.76	2
2	Dravit $(\text{Na}, \text{Ca})_{0.94}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_3(\text{Al}, \text{Mg})_6\text{Si}_6\text{O}_{18}$ $(\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{F})_4$	15.945	15.945	7.21	3	R3m	1587.5	3, 4
3	Uvit $(\text{Na}, \text{Cr})_{0.83}(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Cr})_3(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Cr})_6$ $\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{BO}_3)_3(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_4$	15.917	15.917	7.189	3	R3m	1577.33	5
4	Elbait $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Al}, \text{Li}, \text{Fe}, \text{Mn})_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{18}$ $(\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{F})_4$	15.856	15.856	7.108	3	R3m	1347.6	6
5	Şerl $\text{Na}_{0.8}(\text{Fe}, \text{Al}, \text{Mg})_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{18}$ $(\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{F})_4$	15.957	15.957	7.179	3	R3m	1531.01	7
6	Tsilait $\text{NaMn}_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$	15.946	15.946	7.138	3	R3m	1571.87	8

Uvit mineralının (5) mümkün izomorf əvəzləmələrində kalsium atomu üstünlük təşkil edir.



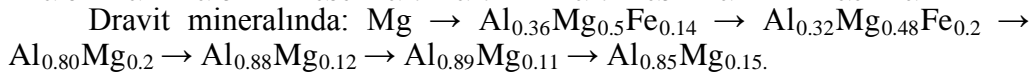
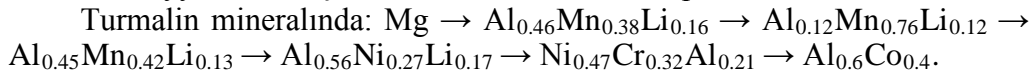
Elbait və şerl minerallarında mümkün izomorf əvəzləmələrdə Na atomu üstünlük təşkil edir:



Turmalin mineralının növ müxtəlifliklərindən ən az tədqiq olunan tsilaisit mineralıdır (8). Bu mineralın quruluşunda  $\text{Na}_{0.75} \rightarrow \text{Na}_{0.67}\text{Ca}_{0.02}\text{K}_{0.01}$  əvəz olunması müşahidə olunmuşdur.

İriölçülü kationların A vəziyyətində izomorf qarışıq yaratmalarında natamamlıq müşahidə olunursa, bunu **B** və **C** vəziyyətlərində izomorfizmin yaranmasında demək olmaz.

**B** vəziyyətində müşahidə olunan izomorfizm tipləri:



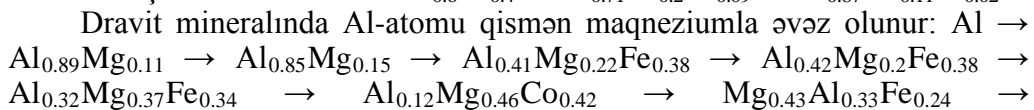
Uvit mineralında, digər növ müxtəlifliklərindən fərqli olaraq, tərkibə izomorf halda vanadium da daxil olur:  $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}_{0.98}\text{V}_{0.01}\text{Ti}_{0.01} \rightarrow \text{Mg}_{0.96}\text{V}_{0.02}\text{Ti}_{0.02} \rightarrow \text{Mg}_{0.93}\text{V}_{0.03}\text{Li}_{0.04} \rightarrow \text{Mg}_{0.92}\text{V}_{0.04}\text{Li}_{0.04} \rightarrow \text{Mg}_{0.91}\text{V}_{0.06}\text{Li}_{0.03}.$

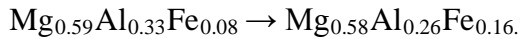
Elbait mineralında izomorf əmələ gəlmə yaradan komponentləri orta miqdarda dəyişir:  $\text{Mg} \rightarrow \text{Al}_{0.35}\text{Mn}_{0.30}\text{Li}_{0.35} \rightarrow \text{Al}_{0.27}\text{Mn}_{0.43}\text{Li}_{0.3} \rightarrow \text{Al}_{0.40}\text{Mn}_{0.24}\text{Li}_{0.36} \rightarrow \text{Al}_{0.5}\text{Li}_{0.42}\text{Fe}_{0.08} \rightarrow \text{Al}_{0.46}\text{Li}_{0.37}\text{Mn}_{0.17} \rightarrow \text{Al}_{0.54}\text{Li}_{0.43}\text{Mn}_{0.03} \rightarrow \text{Al}_{0.41}\text{Li}_{0.46}\text{Fe}_{0.13} \rightarrow \text{Al}_{0.41}\text{Li}_{0.34}\text{Fe}_{0.25}.$

Şerl mineralında alüminium və ya dəmirin miqdarı üstünlük təşkil edir. Vəziyyətlərdə natamamlıq müşahidə olunur:  $\text{Fe}_{0.37}\text{Al}_{0.14} \rightarrow \text{Fe}_{0.67}\text{Al}_{0.15}\text{Mg}_{0.03} \rightarrow \text{Al}_{0.93}\text{Mg}_{0.07} \rightarrow \text{Al}_{0.94}\text{Mg}_{0.06} \rightarrow \text{Fe}_{0.66}\text{Al}_{0.23}\text{Mg}_{0.1} \rightarrow \text{Fe}_{0.6}\text{Al}_{0.31}\text{Mg}_{0.03} \rightarrow \text{Fe}_{0.67}\text{Al}_{0.19}\text{Mg}_{0.14}.$

Tsilaisit mineralının quruluşunda, **B** vəziyyətdə, yəni Mn atomunun vəziyyətində  $\text{Mn} \rightarrow \text{Mn}_{0.5}\text{Al}_{0.38}\text{Li}_{0.12} \rightarrow \text{Mn}_{0.62}\text{Li}_{0.38}$  izomorf əvəzləməsi müşahidə olunur.

**B** vəziyyətdə yerləşən atoma nəzərən **C** vəziyyətində yerləşən alüminium atomu pozitiv izomorf əvəzləməyə məruz qalır. Bu amil atomun quruluşda mövqeyində və anion-kation arasında valent cazibəsindən asılıdır. Turmalin mineralında on nümunədən yeddisində Al-izomorf əvəz olunmur, üç nümunədə isə izomorf əvəz olunma müşahidə olunur:  $\text{Al} \rightarrow \text{Al}_{0.6}\text{Fe}_{0.4} \rightarrow \text{Al}_{0.71}\text{Ni}_{0.2}\text{Cr}_{0.09} \rightarrow \text{Al}_{0.87}\text{Co}_{0.11}\text{Ti}_{0.02}.$





Uvit mineralının quruluşunun Al-atomunu əvəz edən atomların miqdarı çox aşağı olur:  $\text{Al} \rightarrow \text{Al}_{0.89}\text{Mg}_{0.1} \rightarrow \text{Al}_{0.93}\text{Mg}_{0.07} \rightarrow \text{Al}_{0.95}\text{Mg}_{0.05} \rightarrow \text{Al}_{0.92}\text{Mg}_{0.08} \rightarrow \text{Al}_{0.91}\text{Mg}_{0.09} \rightarrow \text{Al}_{0.96}\text{Mg}_{0.14}$

Şerl mineralının quruluşunda Al-atomu çox cüzi miqdarda izomorf əvəz olunur:  $\text{Al} \rightarrow \text{Al}_{0.96}\text{Fe}_{0.04} \rightarrow \text{Al}_{0.94}\text{Fe}_{0.06}$

Tsilaisit mineralının quruluşunda C vəziyyətdə əvəz olmada alüminium atomunun miqdarında artıqlıq yaranır, yəni  $\text{Al} \rightarrow \text{Al}_{1.02}$

Beləliklə, turmalin və onun növmüxtəlifliklərinin quruluşunun kristallokimyəvi araşdırılması nəticəsində məlum olmuşdur ki, kationların yüksək nizamlılığa malik olduğu vəziyyətdə zəif izomorf əvəzləmə müşahidə olunur. Metallik və qeyri-metallik kationların paylanması nizamsızlıq müşahidə olunan, yəni koordinasiya çoxüzlülərdə kation-anion rabitəsinin kəskin dəyişən vəziyyətlərində metallik kationlar geniş məsələdə izo- və heterovalent izomorf əvəzləmə yaradır.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Чирагов М.И. Сравнительная кристаллохимия кальциевых и редкоземельных силикатов. Баку, 2002, 370 с.
2. Rozhdestvenskaya İ.V., Setkova T.V., Vereschaqin O.S. 2012. Kristalloqraf. 57, p.63-69
3. Аскеров Р.Г., Ширинова А.Ф., Чирагов М.И. Известия БГУ. Сер. Естеств. Наук, 1, 2010, с. 123-127.
4. Marchall H., Eratl A., Geister G. 2010. Amer. Mineral. 95, p. 1-10.
5. Taylor M.C., Cooper M.A., Hewthoma F.C. Canadian Mineralogist, 33, 6, 1995, p.1215-1221
6. Diego Gatta G., Danisi R.M., Adamo I. Phys. Chem. Minerals, 39, 2012, p. 577-588.
7. Ertl A., Kolitsch U., Prowetka S., Dyar M.D. Eur. J. Mineral., 18, 2006, p.583-588
8. Bosi F., Skogby H., Agrosi G., Scandale E. Amer. Mineral., 97, 2012, p.989-994

#### ИЗОМОРФИЗМ В МИНЕРАЛАХ ГРУППЫ ТУРМАЛИНА

А.Ф.ШИРИНОВА, М.И.ЧИРАГОВ

#### РЕЗЮМЕ

Методом сравнительной кристаллохимии изучено поведение крупных и мелких металлических катионов в изовалентном и гетеровалентном изоморфном замещении в структурах минералов группы турмалина.

**Ключевые слова:** турмалин, изоморфизм, структура

#### IZOMORPHISM IN MINERALS OF TURMALINE GROUP

A.F.SHIRINOVA, M.I.CHIRAGOV

#### SUMMARY

By the method of comparative crystal chemistry the behavior of large and glimpse metal cations in isovalent and quadrivalent isomorphism in the structures of the turmaline group minerals was studied.

**Key words:** turmaline, isomorphism, structure

*Redaksiyaya daxil oldu:09.04.2015-ci il.*