

## Турмалините от десилицирани пегматити в ултрабазити и от шисти с базичен състав — обособена група в редицата шерл-дравит

*Васил Арnaudов, Светослав Петрусенко*

Arnaudov, V., S v. Petrusenko. 1997. Tourmalines from desilicated pegmatites in ultrabasites and from basic schists — a separate group in the schorl-dravite series. — *Geochem., Mineral. and Petrol.*, 32, 23—28

A comparison of the mineralogical data on tourmalines from desilicated pegmatites and various basic schists from Bulgaria and other countries (based on literature data) reveals some common features, especially in the chemical characteristics, which distinguish them from tourmalines crystallized in other geological environments. Most tourmalines from the rock types reported here belong to dravite members of the schorl-dravite solid solution series:  $Fe/(Fe+Mg) = 0.12-0.29; 0.18$  ( $n=31$ ). Dravite usually associates with plagioclase, phlogopite (vermiculite), chlorite, amphiboles, zoisite, clinozoisite, corundum, spinel, kyanite, sillimanite, topaz, muscovite, margarite, apatite in the desilicated pegmatites, and with biotite (phlogopite), chlorite, amphiboles, talc in the basic schists. The predominant colour of dravite is brown — dark-brown, brown-green, brown-yellow. Sometimes, in zoned crystals, palegreen, green and blue varieties have been noted. The chemical compositions of dravites from desilicated pegmatites and from basic schists, plotted on the Al-Fe(tot)-Mg ternary diagram, define a limited area in the region of the dravite member of the schorl-dravite series. Data points occupy parts of the fields 4,5 and 6, characterized in generally metasedimentary rock types on Henry and Guidotti's diagram, but they lie outside the fields of the metaultramafics and metacarbonates (7 and 8). The elongated shape of the dravite field, discussed here, parallel with the Al-Mg line, depends on the range of Al and Mg, and the rather low contents of Fe(tot) — 3.7-8.6 molecular proportions. Some dravites in metamorphosed stratiform massive sulfide deposits from Rajasthan, India, and Appalachian, USA are very close in the chemical compositions to dravites from desilicated pegmatites and from basic schists, but with higher contents of the Fe(tot). The intermediate position of dravites studied, between dravites formed in various metasediments, metabasites and metaultrabasites, is due to the specific processes of desilication, when chemically contrasting environments interact leading to crystallization of hybrid mineral associations, enriched in Al and Mg.

*Key words:* tourmaline, dravite, mineral association, chemical composition, desilicated pegmatites, basic schists

*Address:* Bulgarian Academy of Sciences, Geological Institute, 1113 Sofia

*Ключови думи:* турмалин, дравит, минерална асоциация, химичен състав, десилицирани пегматити, шисти с базичен състав

*Адрес:* Българска академия на науките, Геологически институт, 1113 София

## Увод

Сравнението и опитът за обобщение на минераложките данни за дравити от десилицирани пегматити, залягащи в метаултрабазити на талковото находище Стипон в Средна гора, България (Петрусенко, Арнаудов, 1996) и дравити от аналогични хибридни образувания в базични и ултрабазични скали от различни страни в света (Gordon, 1921; Hall, 1922; Lacroix, 1922; Ферсман, 1922; 1925; 1960; Сахен, 1923; Larsen, 1928; Letmeier, 1937; Černý, 1958; Власов, Кутукова, 1960; Барсанов, Яковлева, 1964; Povárdra, 1981) и др., показват общи черти, особено в химичните характеристики, които ги открояват от дравитите, кристализирали в друга геоложка обстановка. Сведения за турмалинсъдържащи десилицирани пегматити, контактуващи с базични или ултрабазични скали, се срещат рядко в литературата. От една страна, такива пегматити са относително редки в природата, а от друга, поради различния подход при тълкуване на произхода им, често попадат в различни класификационни схеми и се описват с различни наименования като: слюдити, плагиоклазити, мигматити, а хибридните им зони със слоисти минерали като различни шисти. Понякога от вниманието на изследователите се изплъзва ролята на киселите жилни скали, с чието внедряване е свързано най-често образуването на специфични хибридни минерални комплекси, съдържащи нерядко и дравит. Една от причините за това, според нас, е липсата в някои случаи на характерните за пегматитите и аплитите морфология и типични структури с участие на фелдшпати и кварц.

От известните ни литературни източници сме използвали данни за дравити от доказани хибридни зони, свързани с аплити и пегматити, пресичащи най-често метаморфозирани ултрабазити, както и дравити, които участват в минерални асоциации на различни шисти с базичен състав — биотитови, флогопитови (вермикулитови), амфибол (актинолит, тремолит, антофилит)-хлоритови, талк-хлоритови, талкови и други подобни шисти, за които обаче няма сведения в литературата, че са хибридни образувания между метаултрабазити, или метабазити и кисели скали.

### Дравити в десилицирани пегматити и шисти с базичен състав

Дравитът е един от характерните минерали в хибридните комплекси, образувани при въздействието на борсъдържащи пегматитови „разтвори“ върху базични или ултрабазични скали. Освен минералите, които формират обикновено външните хибридни зони на десилицираните пегматити — талк, хлорит, амфиболи, флогопит или биотит (вермикулит), които са типични продукти на процеса на десиликация, сред най-характерните спътници на дравита във вътрешните части на десилицираните пегматити (аплити), изградени главно от плагиоклаз, при липса или незначително участие на кварц, се наблюдават: корунд, апатит, цоизит, клиноцоизит, мусковит, фуксит, маргарит, пренит, сфен. Нерядко присъстват и някои от следните минерали: шпинел, кианит, силиманит, топаз, циркон, аланит, епидот, магнетит, рутил, илменит, берил, хризоберил, фенакит, ниобо-танталати, различни сулфиди, зеолити. Спектърът на акцесорните минерали, с които асоциира дравитът, зависи предимно от състава на внедряващите се жилни скали и относително по-слабо от химизма на вместващия ги субстрат. Понякога в слабо десилицирани пегматити, най-често във вътрешните им части, запазили състава на нормални гранитни пегматити, се

наблюдават и по-богати на желязо турмалини, обикновено в асоциация с фелдшпати, кварц и мусковит.

Дравитът кристализира най-често в плагиоклазовата зона на десилицираните пегматити. Рядко образува добре оформени индивиди. Обикновено се наблюдават зърнести маси, натрупани, ядки, стволоче от субпаралелни индивиди, радиално-лъчести сферолитови агрегати. Описани са взаимоотношения между дравит и плагиоклаз, наподобяващи мирмекитова или писменгранитова структура. Във външните зони на десилицираните пегматити, където преобладават слюдести минерали, най-често сред флогопит, биотит, вермикулит, а също така в хлорит и талк, дравитът оформя понякога добре изкристализирани, двукрайни индивиди.

Преобладаващият цвят на дравитите в десилицираните пегматити е кафявият — тъмнокафяв до черен в относително по-богатите на Fe, Cr и Mn разновидности, или светлокафяв, зелено-кафяв, жълто-зелен, по-рядко зелен и син. В някои случаи се наблюдават зонално оцветени дравити, вътрешните части на които са обикновено по-тъмни — кафяви, зелено-кафяви, жълто-кафяви, а външните по-светли — синьо-зелени, сиво-сини, сини. Дравитите в различните шисти, повечето от които са образувани вероятно от базити и ултрабазити, не се отличават по физични свойства от дравитите в десилицираните пегматити. В преобладаващите случаи, особено в талкошисти и хлоритови шисти, се наблюдават добре оформени, често двукрайни кристали. Цветът им варира от черно-кафяв, светлокафяв, жълт до жълто-зелен, по-рядко син в някои зонално оцветени индивиди.

## Химизъм на дравитите и мястото им в диаграмата Al-Fe(tot)-Mg

Използваните от нас, описани в литературата (Барсанов, Яковлева, 1964; Ровондра, 1981; Петрусенко, Арнаудов, 1996) химични състави на дравити от десилицирани пегматити, са много близки помежду си (табл. 1). Те са сравними с химизма на дравити от серпентинизирани ултрабазити и различни шисти с базичен състав. Фигуративните точки на тези две групи дравити, нанесени на диаграмата Al-Fe(tot)-Mg на Henry, Guidotti, (1985) заемат ограничена площ в областта на дравитовия член на редицата шерл-дравит. Тя обхваща части от полетата 4, 5 и 6, граничейки с полета 7 и 8, но без да навлиза в тях (фиг. 1). Удължената форма на полето на сравняваните от нас дравити, успоредно на линията Al-Mg се определя предимно от вариациите в съдържанието на Al и Mg при ниско и относително слабо изменение на съдържанието на Fe(tot), което е в границите 3,7-8,6 молекулярни пропорции (табл. 1, фиг. 1).

Основната част от съставите на дравитите попадат в полетата на метаседиментите (4 и 5). Само 4 анализа, които се отличават с по-ниски съдържания на Al, при това и с ниски съдържания на Fe<sup>+3</sup> (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> < 1%), се разполагат под линията на шерл-дравитовите състави. Мястото им в горната дясна част на поле 6 се дължи на относително повишеното участие спрямо останалите дравити на увитов компонент. В пространството, което заемат цитираните от нас дравити от десилицирани пегматити и метаморфити с базичен състав, се намират само няколко от съставите на турмалините, използвани от Henry, Guidotti (1985) при построяването на диаграмата Al-Fe(tot)-Mg. От тях един дравит (в поле 5) е свързан с метаултрабазити, а останалите кристализират вероятно в метаседименти. По-голямата част от фигуративните точки, характерни за метаултрабазични и метакarbonатни скали според Henry, Guidotti (1985), се разполагат плътно до линията Al-Mg, съответно в полета 7 и 8. С едно изключение, цитирано по-горе, те също не навлизат в обсега на площта,

Таблица 1

Вариации и средни стойности на съдържанията на  $Al_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Na_2O$  (тегл. %) и на  $Fe/(Fe + Mg)$  в дравити

Table 1

Range and mean values of  $Al_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Na_2O$  (wt. %) and  $Fe/(Fe + Mg)$  of dravites

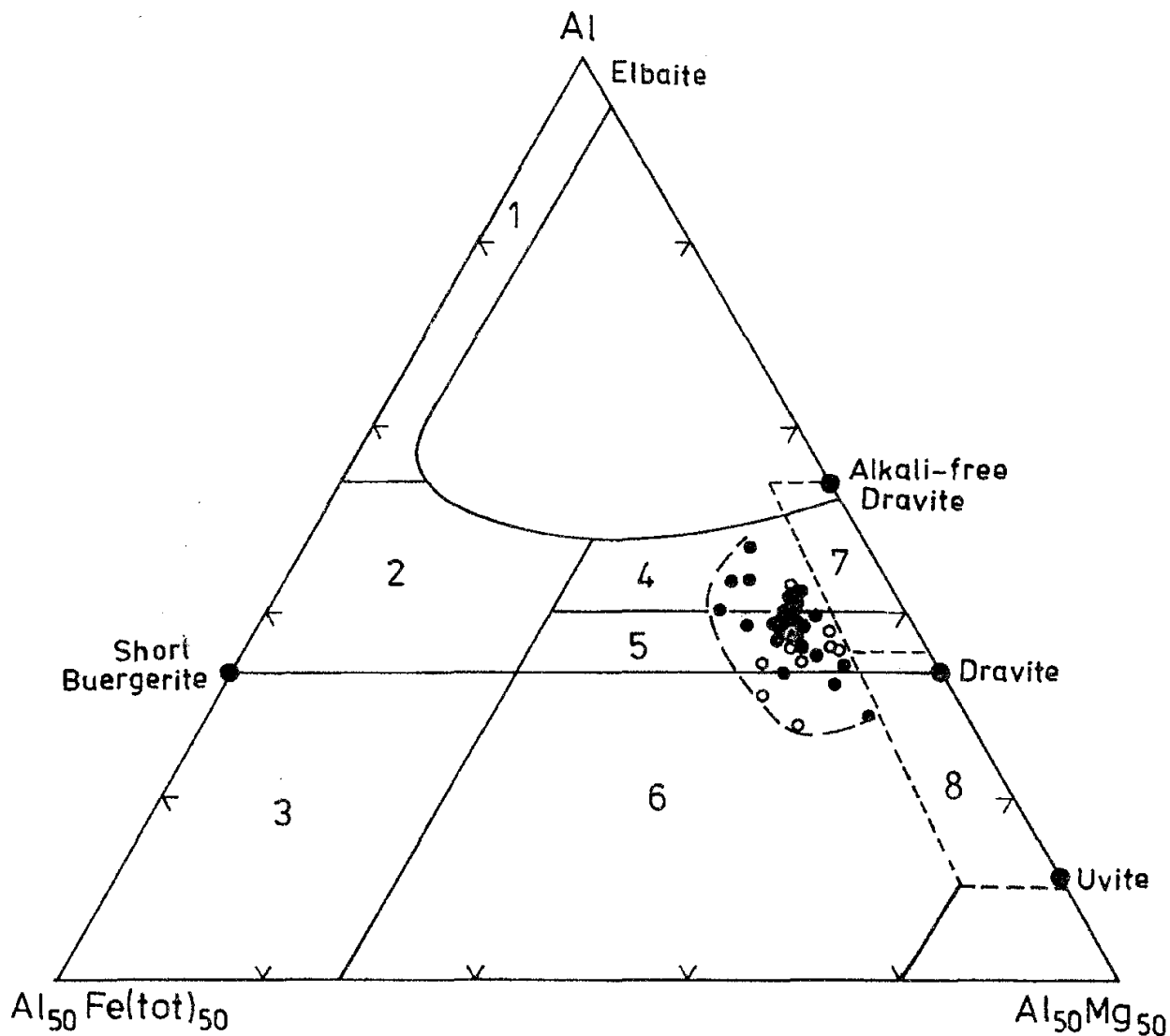
| No (n) | $Al_2O_3$                | $FeO(FeO + Fe_2O_3)$  | $MgO$                   | $CaO$                 | $Na_2O$               | $Fe/(Fe + Mg)$           |
|--------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1 (21) | <u>30.0-35.9</u><br>32,3 | <u>2.9-5.8</u><br>3,9 | <u>7.3-11.9</u><br>9,2  | <u>0.2-1.6</u><br>1,2 | <u>0.6-2.8</u><br>2,1 | <u>0.13-0.29</u><br>0,19 |
| 2 (10) | <u>29.5-35.2</u><br>32,3 | <u>2.5-5.2</u><br>4,0 | <u>9.1-10.9</u><br>9,9  | <u>0.2-3.4</u><br>1.5 | <u>1.5-3.1</u><br>2,2 | <u>0.12-0.28</u><br>0,18 |
| 3 (14) | <u>30.9-34.4</u><br>32,9 | <u>3.7-6.9</u><br>5,6 | <u>6.5-9.5</u><br>7,5   | <u>0.2-1.7</u><br>0,7 | <u>1.9-3.2</u><br>2,2 | <u>0.20-0.39</u><br>0,31 |
| 4 (12) | <u>29.8-33.0</u><br>31,6 | <u>4.1-6.1</u><br>5,4 | <u>7.8-9.7</u><br>8,9   | <u>0.2-0.9</u><br>0,4 | <u>2.2-2.7</u><br>2,4 | <u>0.19-0.30</u><br>0,26 |
| 5 (10) | <u>30.9-33.1</u><br>32,1 | <u>2.4-6.8</u><br>5,4 | <u>8.4-10.4</u><br>9,0  | <u>0.6-2.0</u><br>1,3 | <u>1.4-1.8</u><br>1,6 | <u>0.12-0.31</u><br>0,25 |
| 6 (12) | <u>27.8-33.0</u><br>30,2 | <u>0.2-2.8</u><br>1,2 | <u>9.5-14.9</u><br>13,4 | <u>0.6-3.8</u><br>2,2 | <u>1.1-4.4</u><br>1,7 | <u>0.01-0.11</u><br>0,05 |
| 7 (5)  | <u>33.7-38.1</u><br>35,9 | <u>0.3-1.6</u><br>0,9 | <u>8.7-10.8</u><br>9,8  | <u>0.1-1.0</u><br>0,4 | <u>0.5-0.9</u><br>0,6 | <u>0.02-0.08</u><br>0,05 |

1 — десилицирани пегматити в ултрабазити (в: Барсанов, Яковлева, 1964; P o v o n d r a, 1981; Петрусенко, Арнаудов, 1996); 2 — шисти с базичен състав (в: Барсанов, Яковлева, 1964); 3 — метаседименти (в: Барсанов, Яковлева, 1964; P o v o n d r a, 1981; H e n r y, G u i d o t t i, 1985; непубликувани данни от България) 4 — метаморфозирани стратиформни масивни сулфидни орудявания Agucha от Раджастан, Индия (D e b e t a l., 1997); 5 — метаморфозирани стратиформни масивни сулфидни орудявания Ore Knob mine от Апалачите, САЩ (T a y l o r, S l a c k, 1984); 6 — метакarbonати (в: Барсанов, Яковлева, 1964; P o v o n d r a, N o v á k, 1986); 7 — десилицирани пегматити в магнезитови мрамори и форстеритити от Ю. Памир (P o c c o v c k i j, 1963)

1 — desilicated pegmatites in ultrabasites (in: Б а р с а н о в, Я к о в л е в а, 1964; P o v o n d r a, 1981; П е т р у с е н к о, А р н а у д о в, 1996); 2 — basic schists (in: Б а р с а н о в, Я к о в л е в а, 1964); 3 — metasediments (in: Б а р с а н о в, Я к о в л е в а, 1964; P o v o n d r a, 1981; H e n r y, G u i d o t t i, 1985; unpublished data from Bulgaria); 4 — metamorphosed stratiform massive sulfide deposit Agucha from Rajasthan, India (D e b e t a l., 1997); 5 — metamorphosed stratiform massive sulfide deposit Ore Knob from Appalachian, USA (T a y l o r, S l a c k, 1984); 6 — metacarbonates (in: Б а р с а н о в, Я к о в л е в а, 1964; P o v o n d r a, N o v á k, 1986); 7 — desilicated pegmatites in magnesite marbles and forsteritites from S Pamir (P o c c o v c k i j, 1963)

заемана от фигуративните точки на сравняваните от нас дравити. Дравитите от десилицирани пегматити в ултрабазити и от шисти с базичен състав, са близки по химизъм, от една страна — с дравитите, кристализиращи в богати на Al и Mg метаседименти (полета 4, 5 и отчасти 6), а от друга — с дравитите, които според H e n r y, G u i d o t t i (1985) са образувани в метаултрабазити и метакarbonати (полета 7 и 8) (фиг. 1). От първите се различават с по-ниско съдържание на Fe(tot) и относително по-високо съдържание на Mg, а от вторите — с по-високо съдържание на Fe(tot), при съизмерими, или в някои случаи, по-ниски съдържания на Mg.

Вариациите и средните стойности на основните съставни компоненти и отношението  $Fe/(Fe+Mg)$ , показани в табл.1, илюстрират идентичността в химизма между дравитите от десилицираните пегматити в ултрабазити и шисти с базичен състав, както и отликите от най-близките до тях дравити от метаседименти с различен състав — гнайси, шисти, метаморфогенни кварцови жили с турмалин (Б а р с а н о в, Я к о в л е в а, 1964), или метакarbonати (Б а р с а н о в, Я к о в л е в а, 1964; P o v o n d r a, N o v á k, 1986). Ниските съдържания на Fe(tot), а също и на алка-



Фиг. 1. Al-Fe(tot)-Mg диаграма (в молекулярни отношения) за турмалини от различни типове скали (по Н e n r y, G u i d o t t i, 1985): 1 — богати на Li гранитоидни пегматити и аплити; 2 — бедни на Li гранитоиди и асоцииращи с тях пегматити и аплити; 3 — богати на Fe<sup>3+</sup> кварц-турмалинови скали (хидротермално изменени гранити); 4 — метапелити и метапсамити, съдържащи преситена на Al фаза; 5 — метапелити и метапсамити несъдържащи преситена на Al фаза; 6 — богати на Fe<sup>3+</sup> кварц-турмалинови скали калциево-силикатни скали, и метапелити; 7 — нискокалциеви метаултрабазити и богати на Cr и V метаседименти; 8 — метакarbonати и метапироксенити; ● — дравит от десилицирани пегматити в ултрабазити; ○ — дравит от шисти с базичен състав; ⊙ — средна стойност за групата дравити от десилицирани пегматити и шисти с базичен състав

Fig. 1. Al-Fe(tot)-Mg diagram (in molecular proportions) for tourmalines from various rock types (after H e n r y, G u i d o t t i, 1985): 1 — Li-rich granitoid pegmatites and aplites; 2 — Li-poor granitoids and their associated pegmatites and aplites; 3 — Fe<sup>3+</sup>-rich quartz-tourmaline rocks (hydrothermally altered granites); 4 — metapelites and metapsamites coexisting with an Al-saturating phase; 5 — metapelites and metapsamites not coexisting with an Al-saturating phase; 6 — Fe<sup>3+</sup>-rich quartz-tourmaline rocks, calcisilicate rocks, and metapelites; 7 — low-Ca metaultramafics and Cr, V-rich metasediments; 8 — metacarbonates and meta-pyroxenites; ● — dravite from desilicated pegmatites in ultrabasites; ○ — dravite from basic schists; ⊙ — average composition of dravites from desilicated pegmatites and basic schists

лии, различават например отчетливо и дравитите от десилицираните пегматити, залягащи в магнезитови мрамори и форстеритити в находището Куги Ляль в Южен Памир (Р о с с о в с к и й, 1963), от разглежданите от нас дравити.

Най-плътно до химизма на дравитите от десилицираните пегматити в ултрабазити и от шисти с базичен състав се доближават някои състави на предимно зонално изградени дравити от метаморфозирани стратиформни масив-

ни сулфидни орудявания в Раджастан, Индия (Deb et al., 1997) и Апалачкия ороген, САЩ (Taylor, Slack, 1984) (табл. 1); фигуративните точки на част от съставите на тези турмалини попадат в очертаното от нас поле на дравити от десилицирани пегматити в ултрабазити и шисти с базичен състав. Очевидно Henry, Guidotti (1985) не са използвали данни за дравити, образувани в такива геоложки обстановки, тъй като площта на коментираното поле, нанесено на предложената от тях диаграма е много слабо „населена“. Henry, Guidotti (1985), обаче, не абсолютизират дефинираните от тях полета, оформени от фигуративните точки на турмалинови състави, характеризиращи различни петрографски типове. Те смятат, че набирането на повече данни за химизма на турмалини от различни скали ще допринесе за детайлизирането на триъгълната диаграма Al-Fe(tot)-Mg, която дава добри възможности за парагенетични и геохимични тълкувания.

Прегледът и сравнението, които правим, показват, че турмалините, които кристализират в десилицирани пегматити, контактиращи с, или залягащи в ултрабазити, както и в шисти с базичен състав, са предимно дравити. Обособеното, междинно положение, което заемат между дравитите, образувани в различни по състав метаседименти, метабазити и метаултрабазити, се дължи на спецификата на процесите на десиликация, когато при взаимодействието на контрастни по химизъм среди се образуват хибридни минерални комплекси с повишена роля на Al и Mg.

## Литература

- Барсанов, Г. П., М. Е. Яковлева. 1964. О турмалине дравитового состава. Минералы СССР. — *Тр. Мин. Музея АН СССР*, 15, 39-80.
- Власов, К. А., Е. И. Кутукова. 1960. Изумрудные копи. М., Изд. АН СССР. 250 с.
- Петрусенко, С. в., В. Арнаудов. 1996. Десилицирани пегматити с дравит и корунд от Ихтиманска Средна гора. — *Геохим., минерал. и петрол.*, 31, 65-77.
- Россовский, Л. Н. 1963. Пегматиты в магнетитовых мраморах из района месторождения благородной шпинели Куги-Ляль на Юго-Западном Памире. Минералы СССР. — *Тр. Мин. Музея АН СССР*, 14, 166-181.
- Ферсман, А. Е. 1922. Парагенезис минералов Мурзинки. — *Изв. АН*, 6, 463-476.
- Ферсман, А. Е. 1925. Изумрудные копи и их происхождение. — *Уральский техник*, 5, 1-6.
- Ферсман, А. Е., 1960. Избранные труды. Пегматиты. Т. VI. М., Изд. АН СССР. 742 с.
- Сеги, Р. 1958. Západnomoravské desilikované pegmatity I. Drahonin u Tišnova. — *Práce brněn. zakl. CSAV*, 30, spis. 370, 161-202.
- Deb, M., A. Tiwary, M. R. Palmer. 1997. Tourmaline in Proterozoic massive sulfide deposits from Rajasthan, India. — *Min. Deposita*, 32, 94-99.
- Gordon, S. 1921. Desilicated granitic pegmatites. — *Proc. Acad. Natur. Sci. Philadelphia*, 73, 169-172.
- Hall, A. 1922. On the marundites and allied corundum-rocks. — *Geol. Soc. South Africa*, 25, 43-67.
- Henry, D. J., C. V. Guidotti. 1985. Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite-grade metapelites of NW Maine. — *Amer. Mineral.*, 70, 1-15.
- Ласгроix, А. 1922. Mineralogie de Madagascar. — II; 244-376.
- Larsen, E. S. 1928. Hydrothermal origin of corundum and albite bodies. — *Econ. Geol.*, 23, 398-433.
- Leitmeier, H. 1937. Das Smaragdorkommen von Habachtal in Salzburg und seine Mineralogie. — *Min. Petr. Mitt.*, 40, 245-358.
- Povondra, P. 1981. The crystal chemistry of tourmalines of the schorl-dravite series. — *Acta Univers. Carol., Geol.*, No 3, 223-264.
- Povondra, P., M. Novák. 1986. Tourmalines in metamorphosed carbonate rocks from Western Moravia, Czechoslovakia. — *N.Jb Mineral. Mh.*, No 6, 372-282.
- Saxen, M. 1923. Über die Petrologie des Otravaargebietes im Östlichen Finland. — *Bull. Comm. Geol. Finl.*, 65, 28-29.
- Taylor, B. E., J. F. Slack. 1984. Tourmalines from Appalachian- Caledonian massive sulfide deposits: textural, chemical and isotopic relationships. — *Econ. Geol.*, 79, 1703-1726.