

V. POMIRLEANU, L. PETREUS\*

**LA GÉOTHERMOMÉTRIE DE LA FLUORINE BASÉE SUR L'ÉTUDE  
DES INCLUSIONS FLUIDES DE CERTAINS GISEMENTS  
HYDROTHERMAUX DE LA ROUMANIE**

(Fig. 1—9)

**Résumé.** Dans la présente note les auteurs exposent le mode de détermination de la température de la formation de la fluorine basé sur la température de l'homogénéisation des inclusions fluides qui y sont contenues. L'étude a porté sur la fluorine des gisements subvolcanique et hydrothermaux de Herja et Capnic en Roumanie. Les formes cristallines de la fluorine, ses associations avec d'autres minéraux, sa couleur, la forme des inclusions liquides sont prises en considération dans les recherches géothermométriques.

L'étude des inclusions fluides de la fluorine appartenant aux divers types génétiques, indique des variations en ce qui concerne ses températures de cristallisation. Les recherches décrépitométriques sur la fluorine des pegmatites ont établi que ce minéral s'est formé dans un intervalle de température de 450 °C à 550 °C (W. A. D e e r, R. A. H o w i c e, J. Z u s s m a n 1962). M. A. Pleskova et V. C. Balitki (1966) trouvent dans les pegmatites du Kazakhstan central différentes générations de fluorine, caractérisées par des conditions spécifiques de formation. Ces auteurs distinguent deux générations de cristaux de fluorine: une dont la formation a eu lieu entre 300 °C et 400 °C et à des pressions de 200—400 atm., et une autre qui s'est formée à des températures plus basses, entre 200 °C et 280 °C et à des pressions entre 30 et 50 atm.

D'autres recherches, cette fois-ci sur les inclusions fluides de la fluorine hydrothermale, indiquent de même, des températures variées de formation. Pour ce type de fluorine de l'Asie Centrale on a trouvé des températures de 101—136 °C (N. P. Jermakov 1944); pour celle de l'Illinois du Sud les températures diffèrent: 83—115 °C pour les inclusions fluides primaires et 112—172 °C pour celles secondaires (R. M. Grogan, R. S. Shrode 1952).

Pour la fluorine localisée dans des formations sédimentaires, A. A. Waller et E. P. Gurrova (1966), se basant sur les inclusions fluides, ont montré qu'elle s'y était formée dans l'intervalle de 145—165 °C.

En dehors de ces recherches sur la détermination de la température de formation de la fluorine, appartenant aux divers types génétiques, il faut mentionner les recherches relatives à la corrélation entre l'habitus des cristaux de fluorine et leur température de formation. W. S. T w e n h o f e l (1947), en étudiant les inclusions fluides de la fluorine, trouve que pendant le processus de cristallisation, le cristal est octaédrique; seulement vers la fin du processus, à une température

\* Dr. V. Pomirleanu, Section de Géochimie de la filiale de Jassy de l'Académie de la R. S. Roumanie, Dr. L. Petreus, Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Jassy, Str. Universitatii 16, Jassy, Roumanie.

d'environ 170 °C, il s'est transformé en une forme cubique. Cette idée a été développée ultérieurement par divers expérimentateurs. Citons R. S. Archibald et A. A. Lokerman (1966) qui, dans leurs études sur la fluorine du Transbaïkal d'Ouest, arrivent à la conclusion, que les formes octaédriques sont caractéristiques pour les stades précoce de déposition de la minéralisation (entre 144 et 178 °C), tandis que les formes cubiques sont caractéristiques pour les stades tardifs (entre 80 °C et 140 °C).

On trouve aussi des recherches géothermométriques qui montrent l'existence d'une corrélation entre la température d'homogénéisation des inclusions fluides et la couleur des cristaux. G. G. Gruskin (1953) a démontré que la fluorine violette s'est formée à une température moyenne de 180 °C, tandis que la variété verte a eu comme température de formation 205 °C. Il y a des auteurs qui, tout en étant d'accord avec cette corrélation, affirment cependant qu'on ne saurait apprécier la température de formation de la fluorine des différents gisements, d'après l'intensité de la couleur de ses cristaux (V. F. Lesneak, A. A. Lokerman 1965).

Les études récentes de M. Akizuki (1965, 1966), basées sur la microscopie électronique, constituent une contribution importante relative à la genèse et à la morphologie des inclusions fluides primaires et secondaires de la fluorine.

Nous avons initié nous aussi une étude géothermométrique préliminaire sur les inclusions fluides de la fluorine et de la calcite du gisement de Herja (Roumanie) (V. Pomirleanu, I. Petreus 1967).

Dans le présent travail nous continuons l'étude des inclusions fluides des cristaux de fluorine dans le champ filonien des gisements de Herja et de Capnic, localisés dans la province métallogénétique de l'éruptif néogène de la Roumanie.

### A. *La fluorine du champ filonien de Herja*

Ayant en vue que la fluorine du gisement hydrothermal de Herja a été mentionné pour la première fois par les auteurs du présent travail (1967), nous jugeons nécessaire de faire quelques observations d'ordre cristallographique sur ce minéral. Les données cristallographiques servent aussi à établir des corrélations entre l'habitus des cristaux et la morphologie des inclusions fluides.

#### I. Données cristallographiques

Les échantillons de fluorine qui ont été examinés proviennent du IV-ième horizon du filon Șalan. Quelques-uns de ces échantillons représentent l'association paragénétique fluorine-calcite, localisée sur un support de quartzite secondaire, légèrement impregné de sulfures (fig. 1).

Le contact entre l'association fluorine-calcite et la quartzite secondaire, est marqué par une bande de galène et de pyrite d'une minceur de quelques millimètres.

Les cristaux de calcite de l'association citée plus haut sont des rhomboèdres

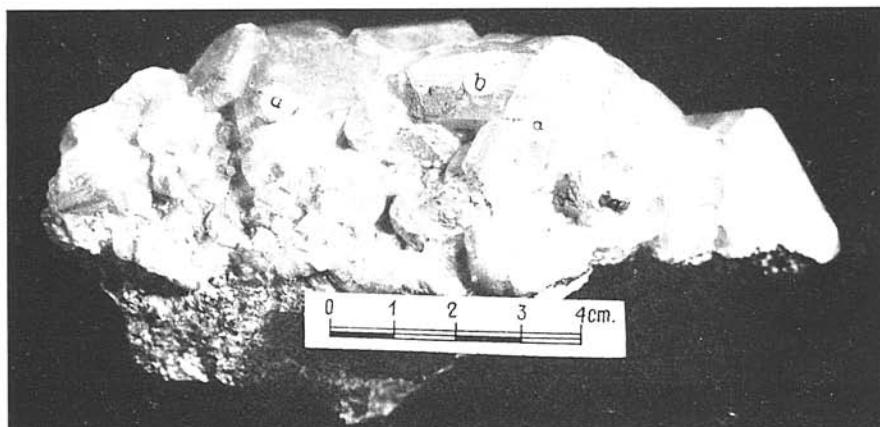


Fig. 1. Cristaux de fluorine (a) associés à la calcite (b), filon Sâlan, IV-ième horizon.

idiomorphes bien développés, de dimensions entre 0,5 et 4,5 cm. Les cristaux de fluorine sont disséminés entre les rhomboèdres blancs de calcite, sous forme de cristaux idiomorphes isolés et quelquefois sous forme de concrétions. On constate que dans cette concrétion, l'axe A<sup>3</sup> appartenant à un cristal de fluorine devient parallèle à l'axe A<sup>4</sup> d'un deuxième cristal. Ces cristaux sont de dimensions de 0,3—1,3 cm. Dans les échantillons contenant l'association paragénétique calcite-fluorine, les cristaux de fluorine ont la couleur vert-pâle et quelquefois ils sont transparents.

Dans les échantillons contenant la paragénèse mentionnée, on a identifié les formes suivantes de cristaux de fluorine: dodécaèdre rhomboïdal, trapézoèdre cubique, cube et diverses combinaisons de toutes ces formes (fig. 2).

Les facettes cubiques a (100) sont présentes dans tous les échantillons examinés et sont les mieux développées; elles constituent la forme dominante. Les facettes

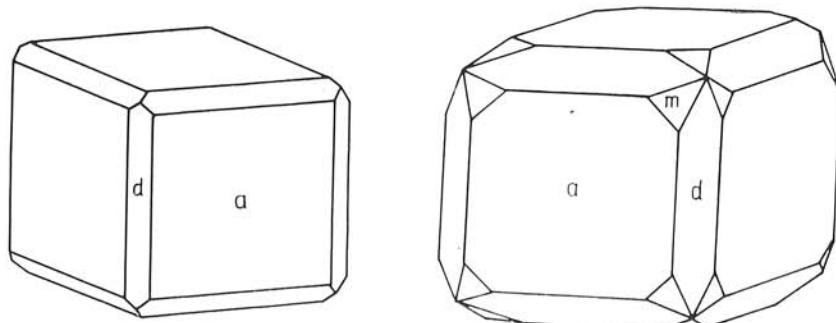


Fig. 2. Cristaux de fluorine, filon Sâlan, IV-ième horizon.

du dodécaèdre rhomboïdal d (110), présentes de même dans tous les cas examinés, sont beaucoup plus réduites, moins brillantes ou même mates et avec des aspérités irrégulières et punctiformes.

Dans quelques cas rares, à la combinaison fréquente cube-dodécaèdre rhomboïdal, s'ajoutent des facettes de trapézoèdre m (311) (fig. 2).

Une autre caractéristique des cristaux de fluorine est donnée par les degrés de croissance des combinaisons {100} — {110} (fig. 3).

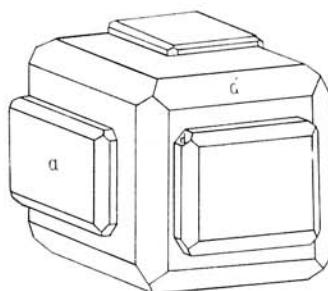


Fig. 3. Cristal de fluorine, cube + dodécaèdre rhomboïdal, avec des degrés de croissance.

de fluorine du gisement de Herja est celui cubique et celui de dodécaèdre rhomboïdal. Parmi ces cristaux on a identifié les combinaisons:

a (100), d (110), m (311), à habitus dominant cubique, pour la fluorine verte; (110), (100), (311), (10 11), à habitus dominant de dodécaèdre rhomboïdal, pour la fluorine transparente.

## 2. Inclusions fluides

L'analyse microscopique a mis en évidence dans la fluorine de Herja, des inclusions fluides primaires, distribuées d'après les facettes de croissance des cristaux et des inclusions fluides secondaires distribuées tout au long des fissures des cristaux.

Les inclusions fluides primaires sont caractérisées par des formes variées, irrégulières ou bien à contour géométrique déterminé (fig. 4).

Les dimensions des inclusions étudiées varient entre 0,008 mm et 0,15 mm. Dans les inclusions fluides primaire, la phase gazeuse occupe un volume variant entre 10 % et 25 % du volume total de la cavité.

En dehors des inclusions mentionnées plus haut, il y a aussi des cavités géométriques, représentées probablement par les formes {111} et {100}. Il y a aussi des cavités qui ont les parois intérieures incurvées (fig. 5).

### 3. Données géothermométriques

Sur des cristaux de fluorine on a exécuté 61 déterminations de températures d'homogénéisation des inclusions fluides. Nous présentons dans le tableau 1 les limites et les moyennes des températures d'homogénéisation.

Les 61 données expérimentales nous ont permis de construire l'histogramme des températures d'homogénéisation des inclusions fluides de fluorine (fig. 6). La courbe obtenue est du type lognormal, symétrique, avec un léger prolongement du bras droit.

Le diagramme fait ressortir que le maximum de fréquence des températures

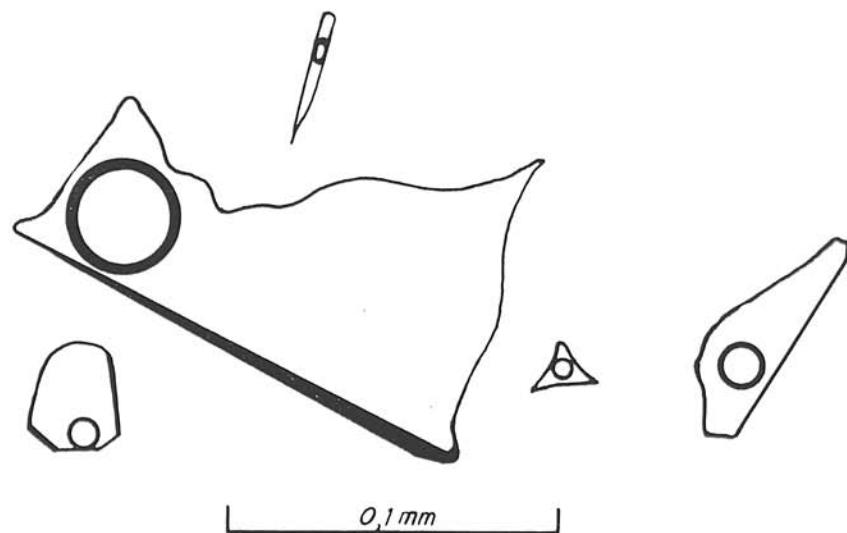


Fig. 4. Inclusions fluides primaires dans les cristaux de fluorine, dans le gisement de Herja.

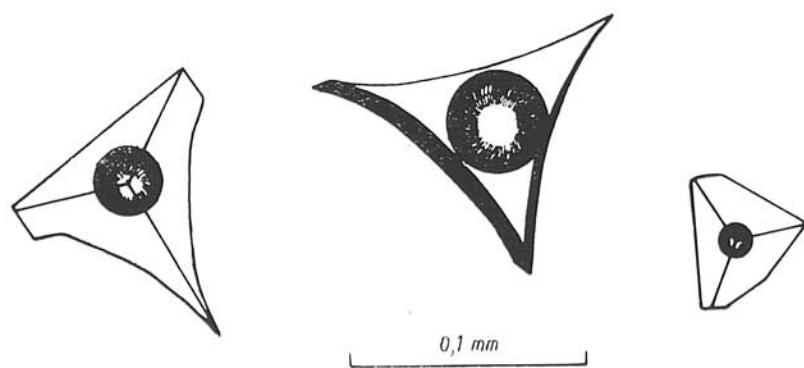


Fig. 5. Cavités à inclusions fluides dans les cristaux de fluorine du gisement de Herja.

Tableau I

Nc*	Nd**	Température °C		Maximum de fréquence °C
		Limites	Moyenne	
1	32	198-271	223,81	
3	6	245-271	260,33	
4	23	201-224	214,69	
	61	198-271		220-225

\* Nc — le nombre des cristaux;

\*\* Nd — le nombre des déterminations.

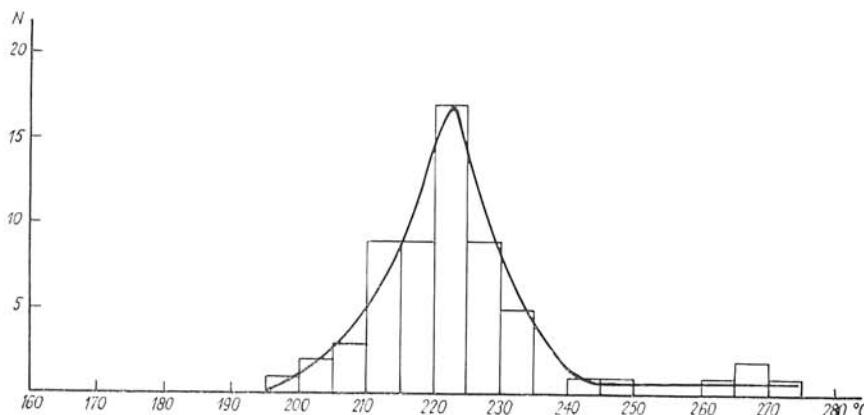


Fig. 6. L'histogramme des températures d'homogénéisation des inclusions fluides de fluorine de Herja.

se trouve entre 220 °C et 225 °C. Les températures d'homogénéisation des inclusions fluides à forme géométrique (fig. 5) sont beaucoup plus élevées; elles s'encadrent entre les limites 312—327 °C.

### B. La fluorine du champ filonien Capnic

#### 1. Données cristallographiques

Nos recherches sur la fluorine de ce gisement ont été effectuées sur des cristaux violets. La description cristallographique de la fluorine a été déjà faite dans de nombreux travaux de spécialité. Ainsi J. Krenner (1929) a signalé des combinaisons d (110), o (111), a (100), ou bien d (110), o (111), m (311), n (211). D. Giusea (1929) a déterminé sur des cristaux de fluorine du même gisement, la combinaison: (111), (100), (311), (110), (10-11). Cet auteur a rencontré aussi des facettes de triakisoctaèdre et de cube pyramisé.

Sous le microscope polarisant, nous avons observé dans la masse des cristaux

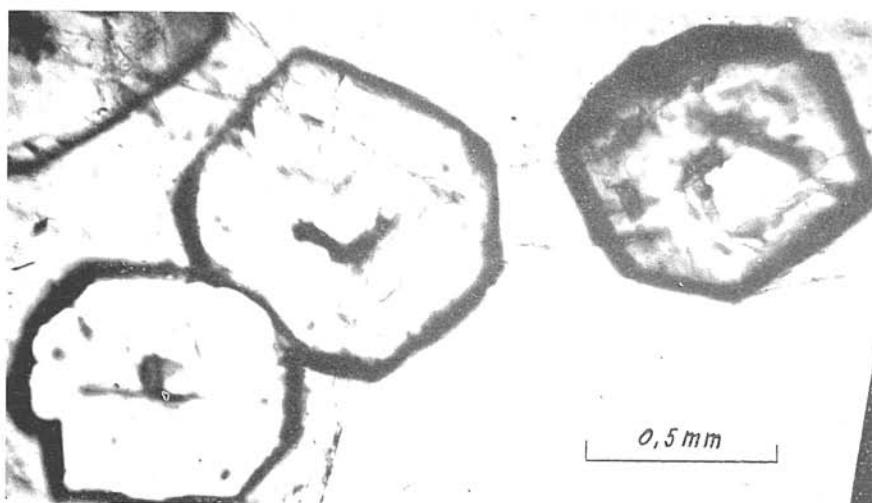


Fig. 7. Agrégés et cristaux de calcite inclus dans la masse d'un cristal de fluorine.

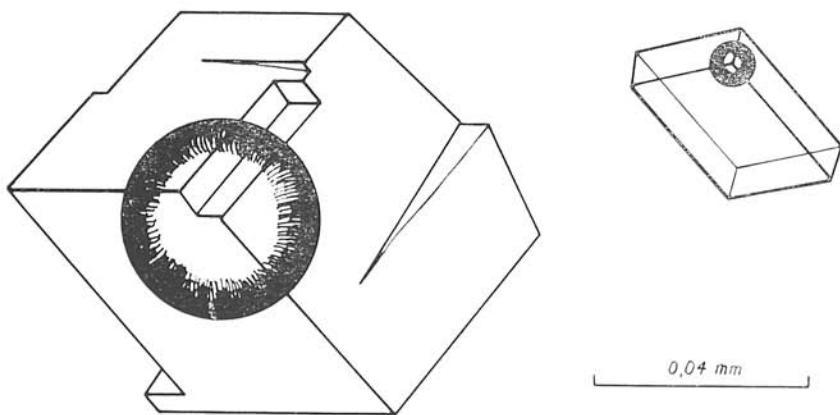


Fig. 8. Inclusions fluides des cristaux de fluorine de Capnie.

de fluorine, des agrégés et des cristaux individuels de calcite, idiomorphes, à contour hexagonal, de dimensions entre 0,50 mm et 0,94 mm (fig. 7).

## 2. Inclusions fluides

Les inclusions fluides primaires sont distribuées au long des facettes de croissance des cristaux de fluorine, tout comme dans le gisement de Herja. Elles ont des formes irrégulières ou géométriques de cristal négatif cubique (fig. 8). Les dernières sont les plus fréquentes.

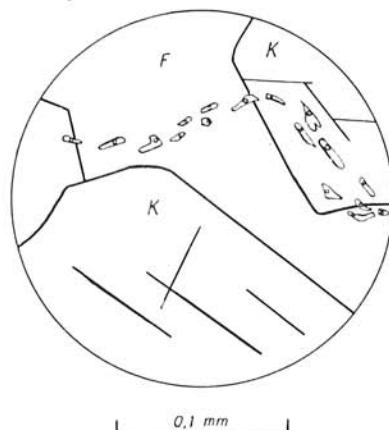


Fig. 9. Inclusions fluides secondaires qui traversent la fluorine (F) et la calcite (K).

Les formes de cristal négatif étudiées développées d'après a {100}, ont des dimensions entre 0,028 mm et 0,05 mm.

Les inclusions fluides secondaires sont disposées au long des fissures qui traversent les microcristaux de calcite (K) ainsi que la masse fondamentale du cristal de fluorine (F) (fig. 9).

Ces inclusions ont des formes irrégulières et sont disposées dans la direction des fissures cicatrisées. Elles peuvent atteindre une longueur de 0,03 mm. Le volume en phase de vapeur de l'inclusion occupe 7—12 % du volume total de la cavité.

### 3. Données géothermométriques

La plupart des déterminations sur les inclusions fluides primaires de la fluorine violette ont donné des températures variant entre 151 °C et 178 °C, tandis que les autres, des températures entre 130 °C et 166 °C. Les inclusions fluides secondaires ont donné des températures assez rapprochées de celles trouvées par V. F. Le s n e a k et M. N. U s k o v (1965), pour la fluorine violette d'un gisement du Transbaïkal de l'Est.

\* \* \*

De l'analyse des données cristallographiques sur la fluorine, appartenant aux deux gisements, résultent les éléments comparatifs du tableau 2.

La fluorine verdâtre de Herja est associée intimement à des cristaux bien développés de calcite, de dimensions arrivant jusqu'à 4,5 cm, tandis que la fluorine violette de Capnie est associée à des cristaux de calcite visibles seulement au microscope.

Tableau 2

Lieu de provenance	Couleur	Habitus dominant	Combinaisons déterminées
Herja	verdâtre	cubique	(100), (110), (311)
	incolore	dodécaèdre rhomboïdal	(110), (100), (311), (1011)
Capnie	violette*	dodécaèdre rhomboïdal	(110), (111), (100), (311), (211)
	incolore**	octoédrique	(111), (100), (311), (110), (1011)

\* J. Krenner 1929;

\*\* D. Giușcă 1929.

En ce qui concerne la morphologie des inclusions fluides des deux gisements, on constate que la forme des inclusions d'après le cristal négatif est différente. A Herja on trouve des formes o (111), tandis qu'à Capnic prédominent les a (100).

Les températures d'homogénéisation des inclusions fluides de la fluorine de Herja sont relativement élevées, variant entre 198°C et 327°C, températures qui coïncident partiellement avec celles de formation de la calcite et même du quartz.

Dans le gisement de Capnic, les températures de l'homogénéisation des inclusions fluides de la fluorine violette sont relativement assez basses, entre 117°C et 178°C. Ces données confirment la supposition de J. Krenner (1929), d'après qui la fluorine violette appartiendrait à une génération plus récente.

La température de formation relativement basse de la fluorine de Capnic et relativement élevée de la blende et du quartz du même gisement, montre que le processus hydrothermal de déposition de la minéralisation complexe a eu lieu en divers stades, à environ 310°C pour les cristaux de quartz et de blende (Pomirleanu V. et Movileanu 1966) et à 117°C pour les cristaux de fluorine.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Akiyuki M., 1965: Secondary inclusions in fluorite under electron microscope and polarized microscope. *Sci. Rept. Tokoku Univ.*, Ser. III, 9, 2. — Akiyuki M., 1966: Primary liquid inclusions in fluorite under electron microscope. *Sci. Rept. Tokoku Univ.*, Ser. III, 9, 3. — Arhipenok R. S., Lokerman A. A., 1966: Noveye dannyye o zavisimosti formy kristalloya fluorita ot usloviy obrazovaniya. *Mineralog.*, sb. Lvovsk, universiteta 20, 4, Lvov. — Deer W. A., Howie R. A., Zussman J., 1962: Rock-forming minerals, 5, Non-silicates. London. — Jermakov N. P., 1944: Opredelenije temperatur obrazovaniy hidrotermalnykh mineralov putem izuchenija zhidkikh vkluchenij. *Dokl. AN SSSR* 45, 5, Moskva. — Giusev D., 1929: Sur quelques minéraux de Transylvanie. *Bull. Acad. Roum.* 12, 6, Bucaresti. — Grogan R. M., Shrodge R. S., 1952: Formation temperature of Southern Illinois bedded fluorite as determined from fluid inclusions. *Am. Mineral.* 37. — Gruskin G. G., 1953: Gazovo-zhidkije vkljuchenija kak mineralogicheskij manometr. *Zap. Vses. min. obshch.* 82, 2, Moskva. — Krenner J., 1929: Mineralogische Mitteilungen aus Ungarn. *Cbl. Min.*, partea A. — Lesneak V. F., Usov M. N., 1965: Temperatury obrazovaniya i okraska fluorita Abagajtujskogo mestozdenija (Vostochnoje Zabajkalje). *Mineralog.*, sb. Lvovsk, universiteta 19, 1, Lvov. — Lesneak V. F., Lokerman A. A., 1965: Nekotoryje itogi mineralotermometricheskogo izuchenija fluoritovykh mestozdenij vostochnogo Zabajkalja. *Mineralog.*, sb. Lvovsk, universiteta 19, 4, Lvov. — Pleškova M. A., Balikov V. S., 1966: Tipomorfnyje osobennosti i uslovija obrazovaniya fluorita v pegmatitach Centralnogo Kazachstana. *Mineralog.*, sb. Lvovsk, universiteta 20, 4, Lvov. — Pomirleanu V., Petruș I., 1967: Noi date asupra geotermometriei zăcământului hidrotermal de la Herja (Baia Mare). *Rev. minelor*, 7. — Pomirleanu V., Movileanu A., 1966: Date preliminare asupra temperaturii de formare a blendei din zăcământul hidrotermal de la Capnic (Baia Mare). *An. st. Univ. Iasi, sectia II, b, Geologie-geographie* 12, Iasi. — Twenhofel W. S., 1947: The temperature of crystallisation of a fluorite crystal from Luna County, New-Mexico. *Econ. Geol.* 42. — Walter A. A., Gursova E. P., 1966: Rasprezdeniye okraski i morfogeneticheskie osobennosti fluorita iz cementa Mogilevskikh pesčanikov Pridnestrovija. *Mineralog.*, sb. Lvovsk, universiteta 20, 3, Lvov.

Revu par B. Cambel.