

EVA ŠAMAJOVÁ*

GRANATE DER KONTAKT-METASOMATISCHEN LAGERSTÄTTE BEI TISOVEC

(Abb. 1 im Text, Taf. I—IV)

Zusammenfassung: Einleitend wird eine lagerstättengeologische Charakteristik der kontakt-metasomatischen Lagerstätte gegeben. Weiter werden die Untersuchungsergebnisse der chemischen und physikalischen Eigenschaften des, auf dieser Lokalität verbreitetsten Skarnminerals — Granat — angeführt. Im Abschluss der Arbeit werden die Resultate des mineralogischen Studiums der Granate als eines der Kriterien bei Erwägungen über die Entstehung der Lagerstätte angewandt.

Die Gruppe der Granate gehört in der Natur unter die sehr verbreiteten Silikate, deren einzelne Glieder bei unterschiedlichen geologischen Bedingungen entstehen. Eine Sonderstellung, doch auch erhöhte Beachtung, kommt den Gliedern der Reihe Grossular—Andradit zu, da diese gemeinsam mit anderen Ca, Fe, Mg-Silikaten die üblichen Minerale in Skarnlagerstätten sind. Skarne werden meistens von verschiedenen Vererzungsscheinungen begleitet. Um die genetischen Beziehungen richtig beurteilen zu können, muss nicht nur der Vererzungsscharakter, welcher zwar den ökonomischen Wert der Lagerstätte bestimmt, sondern auch die übrigen Nichterzminerale beachtet werden. Außerdem tauchen in der Literatur immer stärkere Bestrebungen auf, zwischen dem Charakter der Nichterzmineralassoziationen, gegebenenfalls dem chemischen Charakter ihrer einzelnen Glieder und dem geochemischen Typ der Vererzung gesetzmässige Zusammenhänge zu finden. Die Feststellung gewisser gegenseitiger Beziehungen ist dann rückschliessend ein guter Leitfaden bei weiteren Erkundungs- und Prospektionsarbeiten. Die Granate gehören dank ihrer kristallchemischen Eigenschaften gerade zu den Mineralen, welche mit dieser Absicht schon an zahlreichen kontakt-metasomatischen Lagerstätten untersucht wurden. Obwohl die Zusammenfassung der partiellen Erkenntnisse in dieser Richtung (E. D. Karpova et A. G. Ivašenov 1954) vielversprechende Ergebnisse brachte, ist es zur Zeit nicht möglich endgültige, allgemein gültige Schlüsse zu ziehen. Um so eher scheint es zweckmässig, die Erkenntnisse über die Granate der Grossular—Andradit-Reihe von einzelnen Fundorten zu präzisieren und zu kompletisieren, um auf diese Weise weitere konkrete Angaben zu erhalten.

Der Zweck dieser Arbeit ist gerade die Charakterisierung der meistverbreiteten Nichterzminerale — der Granate — der Skarnlagerstätte bei Tisovec vom Standpunkt ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften her.

Geologische Position und Mineralisationscharakter der Lagerstätte

Von dem Gesichtspunkt des geologisch-tektonischen Aufbaues fällt die Skarnlagerstätte bei Tisovec nach der Literatur (L. Adam, J. Pták, J. Šalát 1956, Z. Bacsó 1964) in den südwestlichen Teil der Veporiden, genauer in die Subzone Králová Hola des Kristallinikums. Der gesamte, sehr komplizierte geologische Bau dieses Gebietes ergibt sich aus dem direkten Kontakt zweier, verschiedenartiger tektonischer Einheiten, der Veporiden und der Gemeriden. Die Erzvorkommen befinden sich auf ungefähr 1 km² in karbonischen Schiefern und triassischen Kalken, einer überschobenen, gemenriden, sog. Muránska-Serie in deren Liegendem sich das veporide Kristallinikum befindet.

* Prom. Geol. E. Šamajová, Geologisch-geographisches wissenschaftliches Forschungsinstitut, Komenský-Universität, Bratislava, Gottwaldovo nám. 2.

Diese Formationen durchdringen junge vulkanische Gesteine — Diorite und Andesite. Wegen ungenügender Kriterien für eine Stratifikation der einzelnen vulkanischen Phasen in diesem Gebiet wird ihr Alter in der Literatur als nachtriassisches angegeben (L. Adam, J. Pták, J. Salát 1956, Z. Bacsó 1964). Nach Kuthan's Schema der Migration der Eruptionszentren des subsequenten Vulkanismus handelt es sich um ein Gebiet, in welchem nur die jüngeren Phasen zur Geltung kamen, namentlich die II. Andesitphase zu der, auf Grund der chemischen und petrographischen Ähnlichkeit sowohl die Andesite als auch die Diorite gereiht werden (M. Kuthan 1964).

Durch die Wirkung dieser aktiven Gesteine kam es in den umgebenden sedimentären Schichtenkomplexen nicht nur zu einer Rekristallisation der Kalke, sondern auch zu der Bildung von Kontaktgesteinen wie Erlanen und besonders Skarnen. Der, mit der Manometermethode (J. Turan 1965) untersuchte Makrochemismus der Karbonate zeigte eine hohe Reinheit der Kalke und einen niedrigen Gehalt der dolomitischen Komponente (max. 7 %) und des nichtkarbonatischen Anteils.

Diese Feststellung entspricht dem Vorkommen fast ausschliesslich kalkiger Skarne mit einer typischen Mineralassoziation in dem Gebiet der Lagerstätte und schliesst gleichzeitig die Entstehung von Hornfelsen mit einer entsprechenden Mineralparagenese, die in der sowjetischen Literatur als Skarnoide bezeichnet werden aus. Der Skarnisationsprozess erfasste die Karbonatgesteine in hohem Masse, während die Vulkanite nur gering umgebildet wurden. Es befindet sich hier eine grössere Anzahl vererzter Skarnlagen, die den Kontakt von Diorit und Kalk, und auch die steil fallenden Kontakte der Andesitgänge in dem Kalkstein, zwar nicht längs des ganzen Kontaktes ausgebildet, verfolgen. Prägnanter äussert sich die Skarnmineralassoziation in einer Störungszone in der Nähe der Murán-Überschiebungsfäche in einer gewissen, nicht grossen Entfernung von den Eruptivgesteinen (Z. Bacsó 1964).

Textur- und Strukturmerkmale sowie der Charakter der Mineralassoziationen der Skarnvorkommen der Lagerstätte deuten an, dass die gesamte Mineralisation im wesentlichen in drei Mineralisationsetappen mit einem verhältnismässig breiten Temperaturbereich verlief. Die entscheidenden Faktoren, welche die Entwicklung der postmagmatischen Lösungen, also auch ihrer Endprodukte — der Minerale — bestimmen, sind das Regime der Alkalität — der Säure der Lösungen und die Bedingungen der Oxyreduktion (D. S. Koržinskij 1955). Aus letzterem geht hervor, dass jede Mineralisationsetappe in dem ganzen Skarn-Erz-Prozess durch eine spezifische Ausserung gekennzeichnet ist.

1. Die sog. hochthermale Präskarnetappe, welche sich durch das Vorkommen einer seltenen Anorthit-Magnetit-Mineralassoziation äussert und in dem frühen, alkalischen Stadium der Entwicklung der postmagmatischen Lösungen entstand, hat auf der Lagerstätte nur eine geringe Geltung.

2. Die Skarn-Etappe, welche durch die übliche Paragenese — Pyroxen, Granat, sporadisch Vesuvian und Wollastonit, in dem Endstadium Epidot und Magnetit, vertreten ist verlief unter analogen pH-Verhältnissen, doch erhielten die postmagmatischen Lösungen im Verlauf der Skarnisation einen saureren Charakter.

3. Die Postskarn- oder Karbonat-Quarz-Sulfid-Etappe besitzt auf der Lagerstätte den Charakter einer hydrothermalen Vererzung, welche infolge des Durchdringens postmagmatischer Lösungen des sauren, gegebenenfalls spät-alkalischen Stadiums entstanden ist. Anwesend sind die Minerale Pyrrhotin, Sphalerit, Galenit, Pyrit, Oligonit, Markasit und ganz unbedeutend auch Chalkopyrit. Nichterzminerale werden durch Quarz, Chlorit, Kalzit und örtlich auch Zeolithe vertreten.

Auf Grund der vorkommenden Mineralassoziationen gehört die Skarnlagerstätte bei

Tisovec zu dem Eisenerz-Typ, wenn auch die gegenwärtigen Erkundungsarbeiten auf die Auffindung und Bewertung der späteren, auf die Skarne gelagerten hydrothermalen, polymetallischen Vererzung gerichtet ist.

Auftreten der Granate in der Lagerstätte

In dem Skarnvorkommen in dem Gebiet des Magnetový vrch (Kote 964,2) bei Tisovec sind die Granate, ähnlich wie in vielen kontakt-metasomatischen Lagerstätten das grundlegende, deutlich überwiegende, gesteinsbildende Mineral. Die Granate beteiligen sich sowohl am Aufbau der Exoskarne wie auch der Endoskarne. Endokontakt-Erscheinungen finden wir nur in Diorit. Die Mineralzusammensetzung der endo- und exokontakten Zonen ist zum Teit unterschiedlich. Im allgemeinen zeigen die Mineralassoziationen der Endo- und Exo-skarne, die sich an Kontaktten mit Diorit befinden, einen höherthermalen Charakter als die, an Kontaktten mit Ganggesteinen amphibolischen Andesits gelegenen Skarnlagen. In Endokontakten treten die Granate gewöhnlich zusammen mit dunkelgrünem Pyroxen, evtl. Magnetit und Epidot auf. In dem Exokontakt wurde eine derartige Assoziation nur in Zusammenhang mit Diorit beobachtet. Die, Andesitgänge begleitenden Skarn-Erz-Lagen werden in erster Reihe von Granaten, Epidot, Magnetit, örtlich auch von polymetallischen Erzen gebildet. Das Gefüge der Skarne ist körnig bis kompakt, mancherorts aderig, drusig und brekzienartig. In Drusen pflegen die Granate bedeutend grobkörniger zu sein (2–3 mm), ofitdiomorph, meist jedoch hypidiomorph begrenzt. Granate mit einem idiomorphen Habitus sind rhombische Dodekaeder mit gut ausgebildeten Flächen (110). Die gegenseitige Durchdringung und Verdrängung der einzelnen Mineralassoziationen, das heisst auch der Granate selbst, bezeugt das Vorkommen dieses Minerals in mehreren Generationen. Wegen ungenügender Aufdeckung der Kontaktte ist es schwierig, die gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Granat-Generationen wie auch die zeitliche Beziehung der Granate und des Magnetits in dem gesamten Bereich der Lagerstätte zu verfolgen. Bei dem makroskopischen Studium zu einer Unterscheidung der einzelnen Granat-Generationen ist ausser der Textur, bis zu einem gewissen Masse auch ihre verschiedene Färbung behilflich. Die Granate der Skarnlagen kommen in graugrünen, honiggelben, rotbraunen, braunen bis vollkommen schwarzen Varietäten vor. Diese Färbungsskala hängt mit der, bei der Gruppe der Granate üblichen, ausgedehnten Isomorphie zusammen.

Die Granate unterscheiden sich untereinander auch durch ihre optischen Eigenschaften. Auf Grund dieser können wir bei der gewöhnlichen Mikroskopie zwei Generationen von Granaten sicher unterscheiden. Im Falle eines gemeinsamen Auftretens beider Generationen wird im allgemeinen die ältere Generation durch einen isotropen, im Durchlicht gelben Granat, die jüngere durch einen anomal isotropen farblosen Granat repräsentiert. In den Dünnschliffen bildet der isotrope Granat relativ grössere, unregelmässig begrenzte Körner, die meistens durch isometrische, oft idiomorph begrenzte Körner des optisch anomalen Granats verdrängt zu sein pflegen (Taf. I, Fig. 1). Die gegenseitige Beziehung bestätigt auch ein häufiges Umschliessen von isotropem Granat, der dadurch den Kern eines anisotropen bildet. Die gemessene Gitterkonstante des isotropen Granats $a_0 = 12.003 \text{ kX} \pm 0,002$ weist auf einen höheren Gehalt der Andraditkomponente hin. Die optisch anomalen Granate müssen nach ihrem Chemismus und ihren physikalischen Eigenschaften zu Grossular gereiht werden. Vereinzelt finden wir auch eine völlig entgegengesetzte Erscheinung, dass anisotroper Granat von isotropem umschlossen ist (Taf. I, Fig. 2, 3), wir können bei manchen zonalen Granaten eventuell einen Wechsel von isotropen und anisotropen Zonen verfolgen (Taf. I, Fig. 4). Die

Tabelle 1. Chemische Analysen der Granate und ihre Umrechnung in kristallchemische Formeln

1. Graugrüner, anomaler anisotroper Granat aus dem Endoskarn an dem Kontakt von Amphibolandesit mit Kalkstein						2. Brauner, zonaler Granat der dritten Generation aus dem Exoskarn an dem Kontakt von Amphibolandesit mit Kalkstein					
Oxyde	Ge- wichts- pro- zente	Mole- kular- quo- tienten	Atomquotienten		Koeffi- zienten	Oxyde	Ge- wichts- pro- zente	Mole- kular- quo- tienten	Atomquotienten		Koeffi- zienten
			Anion.	Kation.					Anion.	Kation.	
SiO ₂	39,84	6 652	13 304	6 652	3,047	SiO ₂	34,28	5 722	11 444	5 722	2,863
TiO ₂	0,58	73	146	73	0,033	TiO ₂	—	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	17,20	1 693	5 079	3 386	1,551	Al ₂ O ₃	6,47	637	1 911	1 274	0,637
Fe ₂ O ₃	5,75	381	1 083	722	0,331	Fe ₂ O ₃	23,13	1 452	4 356	2 904	1,453
FeO	1,08	150	150	150	0,069	FeO	2,67	377	373	373	0,187
MnO	0,48	68	68	68	0,031	MnO	0,57	80	80	80	0,040
MgO	2,56	637	637	637	0,292	MgO	1,14	283	283	283	1,436
CaO	32,04	5 733	5 733	5 733	0,626	CaO	31,26	5 536	5 536	5 536	2,770
Na ₂ O	—	—	—	—	—	Na ₂ O	—	—	—	—	—
K ₂ O	—	—	—	—	—	K ₂ O	—	—	—	—	—
-H ₂ O	0,07	—	—	—	—	-H ₂ O	0,03	—	—	—	—
+H ₂ O	0,14	—	—	—	—	+H ₂ O	0,23	—	—	—	—
P ₂ O ₅	sp.	—	—	—	—	P ₂ O ₅	sp.	—	—	—	—
	99,74		26 198				—		23 983		
(Ca _{2,63} Mn _{0,03} Fe _{0,07} Mg _{0,29}) _{3,02} (Al _{1,55} Fe _{0,33} Ti _{0,03}) _{1,91} Si _{3,05} O ₁₂						(Ca _{2,77} Mn _{0,04} Fe _{0,19}) _{3,14} (Al _{0,55} Fe _{1,45}) _{2,00} Si _{2,95} O ₁₂					

3. Rotbrauner Granat aus dem Exoskarn an dem Kontakt von Dazit mit Kalkstein

4. Schwarzer Granat aus dem Endoskarn Diorit.

Oxyde	Ge- wichts- pro- zente	Mole- kular- quo- tienten	Atomquotienten		Koeffi- zienten	Oxyde	Ge- wichts- pro- zente	Mole- kular- quo- tienten	Atomquotienten		Koeffi- zienten	
			Anion.	Kation.					Anion.	Kation.		
SiO ₂	37,21	6 197	12 394	6 197	2,934	SiO ₂	34,05	5 658	11 316	5 658	2,844	
TiO ₂	0,07	9	18	9	0,0004	TiO ₂	1,91	239	478	239	0,120	
Al ₂ O ₃	17,04	1 672	5 016	3 844	1,583	Al ₂ O ₃	4,70	460	1 380	920	0,462	
Fe ₂ O ₃	8,49	532	1 596	1 064	0,504	Fe ₂ O ₃	24,33	1 522	4 566	3 044	1,530	
FeO	4,12	572	572	572	0,271	FeO	3,83	532	532	532	0,267	
MnO	0,53	75	75	75	0,036	MnO	0,35	49	49	49	0,024	
MgO	—	—	—	—	—	MgO	0,80	198	198	198	0,099	
CaO	31,79	5 672	5 672	5 672	2,686	CaO	30,04	5 350	5 350	5 350	2,690	
Na ₂ O	—	—	—	—	—	Na ₂ O	—	—	—	—	—	
K ₂ O	—	—	—	—	—	K ₂ O	—	—	—	—	—	
-H ₂ O	0,12	—	—	—	—	-H ₂ O	0,04	—	—	—	—	
+H ₂ O	0,65	—	—	—	—	+H ₂ O	0,13	—	—	—	—	
P ₂ O ₅	sp.	—	—	—	—	P ₂ O ₅	sp.	—	—	—	—	
	100,02		25 343				100,14		23 869			
(Ca _{2,69} Mn _{0,04} Fe _{0,27}) _{3,00} (Al _{1,42} Fe _{0,58}) _{2,00} (Si _{2,93} Al _{0,08}) _{3,01} O ₁₂						(Ca _{2,69} Mn _{0,02} Fe _{0,27} Mg _{0,10}) _{3,08} (Al _{0,46} Fe _{1,53}) _{1,99} (Si _{2,84} Ti _{0,12}) _{2,96} O ₁₂						

angeführten Beobachtungen illustrieren, dass eine nur örtliche Lösung der gegenseitigen Beziehungen mit gewissen Schwierigkeiten verbunden ist.

Zu den beiden Granat-Generationen in den Exoskarnen, welche einen Amphibolandesitgang verfolgen, tritt noch eine dritte, jüngere Generation hinzu. Der Granat dieser Generation ist dunkelbraun, zonal, relativ grobkörnig, idiomorph (110), häufiger hypidiomorph begrenzt. Äderchen, die meist einen Drusencharakter besitzen und von dunkelbraunem Granat gebildet werden, verlaufen durch feinkörnigen, graugrünen Granatfels so dass örtlich die Textur der Skarne ein gestreiftes Aussehen besitzt. Der mittlere Drusenraum pflegt von Pyrit, Quarz und Kalzit ausgefüllt zu sein (Taf. II, Fig. 1). Die Zonalität der Granate, welche in einem Wechseln verschiedenfarbiger Zonen in gelben, gelbbraunen und braunen Farbtönen besteht, tritt im Mikroskop besonders prägnant zum Vorschein, (Taf. II, Fig. 2, 3, Taf. III, Fig. 1). Die chemische Zusammensetzung sowie die physikalischen Eigenschaften dieses Granats (Tab. 1/2, Tab. 3/2) weisen auf seine Verwandtschaft zu Andraditen hin. In anderen Skarnvorkommen wurde diese Granatart nicht beobachtet. Wie oben erwähnt wurde, ist bei dem mikroskopischen Studium der granatischen Skarne der Lagerstätte eine verhältnismässig grosse Verbreitung des optisch anomalen Granats auffällig. Obwohl das Vorkommen von anisotropem Granat auf den meisten Lagerstätten kontakt-metasomatischen Typs angegeben wird, sind die Ursachen seiner Entstehung bisher nicht eindeutig geklärt. Bei einer systematischen Verfolgung der paragenetischen Mineralassoziationen auf der Lagerstätte kommen gewisse Beziehungen in dem Auftreten des anomalen anisotropen Granats zum Vorschein. Optisch anomaler Granat kommt für gewöhnlich in stark karbonatischen Partien vor, in unserem Falle in dem Exoskarn (Taf. III, Fig. 2), welcher zum Nachteil der Kalke entstanden ist. örtlich gemeinsam mit isotropem Granat, häufiger mit Mineralen der Epidot-Zoizit-Gruppe. Die Art des Vorkommens des anisotropen Granats in dem Endokontakt weist besonders markant auf seinen Zusammenhang mit dem karbonatischen Milieu hin. Anomale Granate umsäumen hier in der Regel Drusenräume, die von Kalzit, gegebenenfalls von weiteren jüngeren Mineralen wie Quarz, Epidot und Erzmineralen ausgefüllt sind. Die Bestimmung der optischen Konstanten einzelner grösserer anisotroper Granate mit Hilfe der Fedorov-Methode zeigte, dass sie zweiachsig, mit einem hohen Wert des Winkels 2V im Bereich von 75–90°, optisch positiv oder negativ sind. Die niedrige Doppelbrechung schwankt von 0.0003 bis zu 0.007. Eine ähnliche Variabilität des Winkels 2V optisch anomaler Granate führt J. H. Taylor (1935) an. N. P. Starkov (1950) gibt den Winkel 2V lediglich nach der Krümmung der Isoglyren mit 70–75° an.

Auf Grund der paragenetischen Assoziationen, sowie der räumlichen Verteilung der beschriebenen Granate erscheint die Anisotropie als Eigenschaft von Generationen mit einer niedrigen Thermalität. Der Chemismus der Proben des graugrünen, optisch anomalen Granats aus dem, an dem Kontakt des Amphibolandesits und des Kalksteins entwickelten Exoskarn weist auf ein Überwiegen der Grossularkomponente hin (Tab. 1/1).

Laut ihres Chemismus zeigen ein Überwiegen der Grossularkomponente auch die rotbraunen isotropen Granate (Tab. 1/3) aus dem Exoskarn, welcher den Kontakt des, durch postmagmatische Lösungen stark veränderten Ganggestein mit dem kristallinen Kalkstein, verfolgt. In seiner ursprünglichen Arbeit bezeichnete Z. Bacsó (1964) dieses Gestein als quarzitisierten Pyroxenandesit, änderte jedoch nach weiteren laboratoriellen Untersuchungen seine Ansicht und betrachtet das Gestein als Dazit (persönliche Mitteilung).

Endlich verdient auch der schwarze Granat, welcher an Hand der bisherigen

Untersuchungen auf der Lagerstätte keine grosse Ausbreitung besitzt, unsere Aufmerksamkeit. Der schwarze Granat mit dunkelgrünen bis schwarzem Pyroxen bilden unregelmässige Adern, Schlieren und Nester in Quarzdiorit, welcher in dem Abschluss des Tales Kyzová dolina auftritt. Durch eine chemische Analyse des Granats (Tab. 1/4) wurde die Voraussetzung bestätigt, dass seine schwarze Färbung durch die Gegenwart von TiO_2 , dessen Gehalt keine 2% beträgt, verursacht wird. Nach seinen chemischen Eigenschaften handelt es sich um Andradit mit Titangehalt. In der Literatur herrscht in der Benennung dieser Granatarten Uneinigkeit. Zumeist werden jedoch dunkelbraune bis schwarze Varietäten von Andradit mit einem TiO_2 -Gehalt von 1—5% als Melanite, und nAndradite mit einem höheren TiO_2 -Gehalt als Schorlomite bezeichnet (W. A. Deer, R. A. Howe, J. Zussmann 1965). In der Literatur wird weiter angeführt, dass die Entstehung eines solchen Granats durch ein alkalisches Milieu bedingt ist. Eine örtliche Albitisation der Plagioklase mittlerer Basizität in dem umgebenden Gestein, welche sich durch ihr fleckiges bis schachbrettartiges Aussehen äussert, liesse auf so ein Milieu schliessen.

Mit Hinsicht darauf, dass Titan nur bei hohen Temperaturen in eine viergliedrige Koordination eingeht, während er bei niedrigeren Temperaturen eher zwischen die dreiwertigen Elemente tritt (J. Kašpar, V. Přistoupil 1954, M. Králová 1960, W. a. Deer et al. 1965) sowie die Notwendigkeit eines alkalischen Milieus für die Entstehung von Titanit-Andraditen kann angenommen werden, dass Melanit auf der Lagerstätte zu den ältesten Generationen gehört und während der ersten hochthermalen Stadien des Skarn-Prozesses entstanden ist.

Durch die Einwirkung späterer, Vererzungen bringender Lösungen wurden die Granate der Skarnlagen zum Teil von einer näher nicht bestimmten Umbildung betroffen, welche sich als erdige Trübung hauptsächlich ihrer Mittelpartien äussert (Taf. IV, Fig. 1). Wir finden auch Pseudomorphosen von Granat durch Quarz und Karbonate vor (Taf. IV, Fig. 1, 2).

Experimenteller Teil

Monomineralische Proben der Granate, vor allem für die chemischen Analysen notwendig, wurden durch langwierige Separation gewonnen. Aus dem, durch Sieben in einige Fraktionen geteilten Probematerial wurden die Karbonate durch 5%-ige Essigsäure entfernt. Um die, in der Essigsäure nicht gelösten Verunreinigungen an der Oberfläche der Körner zu entfernen, wurde Ultraschall angewendet. Der Magnetit wurde mechanisch mit einem Handmagnet entfernt. Die eigentliche Separation geschah auf einem Cook-Separator. Die elektromagnetische Separation aller Proben wurde einige Male wiederholt, wobei die Werte der Stromintensität experimentell gewählt wurden. Am günstigsten erwiesen sich folgende Bedingungen: die Stromintensität wurde bei wiederholter Separation von 1,2 A bis auf 0,8 A verringert, seitliche Neigung 25°, Gefälle 15°. Durch die Wiederholung der Separation wurde der nichtmagnetische Anteil zwar entfernt, eine völlig monomineralische Fraktion wurde jedoch nicht gewonnen. Die ähnliche magnetische Suszeptibilität der Skarn-Granate und der Pyroxene erschwerte ihre Trennung. Die separierten Proben wurden am Ende unter einer Binokularlupe bis zu dem gewünschten Grad gereinigt. Der 1—2%-ige Gehalt an Verunreinigungen nach der endgültigen Separation kann die Resultate der Analysen nicht wesentlich beeinflussen. Aus der ursprünglich grösseren, die einzelnen Skarnvorkommen repräsentierenden Menge der Granatproben wurden mit Rücksicht auf die Schwierigkeit und vor allem Langwierigkeit der Separation für die chemische Analyse nur vier, in ihren

Farben unterschiedliche Proben ausgewählt. Diese Proben stammen aus zugänglichen Kontakten und vertreten wenigstens zum Teil die Granate der Exoskarne sowie der Endokontaktzonen, und zugleich auch einige unterschiedene und separierbare Generationen.

Die quantitativen chemischen Analysen wurden von Ing. J. Polakovičová durchgeführt.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen dienten als Unterlage zu der Errechnung der kristallchemischen Formeln. Unter einigen Umrechnungsmöglichkeiten habe ich die normale Umrechnungsweise nach dem Sauerstoffgehalt (A. G. Bach 1963) gewählt. Der Berechnungsvorgang ist aus Tab. 1 ersichtlich.

Wegen einer anschaulichereren Vorstellung und der Möglichkeit einer graphischen Aufzeichnung der Zusammensetzung der Granate wird in der Mineralogischen Praxis trotz der, in gewissem Masse bedingten Darstellung, die Isomorphie der Granate auf Grund der prozentuellen Vertretung der grundlegenden Granatkomponenten ausgedrückt. Zu einer Veranschaulichung der gegenseitigen Vertretung der einzelnen Granat-Moleküle wird die Abbildung von Dreikomponentensystemen in gleichseitigen Dreiecken verwendet. Die Darstellung der verhältnismässigen Vertretung der Granat-Nebenkomponenten in der grundlegenden isomorphen Reihe mit Hilfe von Vektoren (W. J. Wright 1938, E. D. Karapova, A. G. Ivanšecov 1954) ist verhältnismässig anschaulich. In ein analoges Diagramm wurden die, aus den chemischen Analysen errechneten Molekülgehalte der einzelnen Granate eingetragen (Abb. 1).

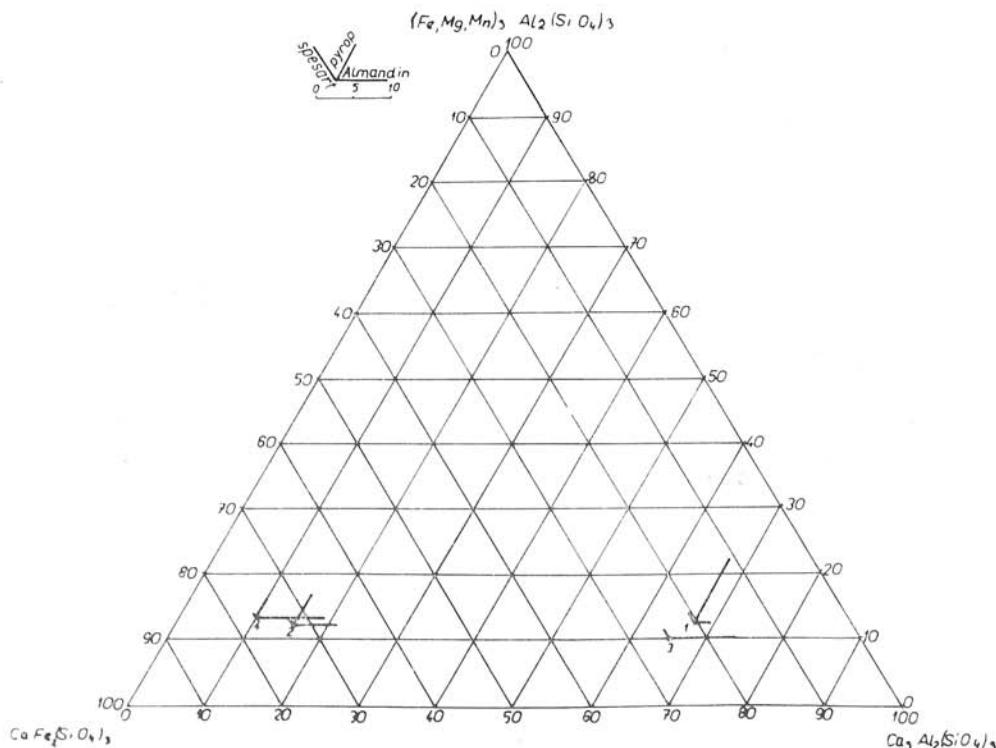


Abb. 1

Bei den chemisch analysierten Granatproben wurden experimentell auch ihre physikalischen Eigenschaften, und zwar Brechungsindex, spezifisches Gewicht und die Gitterkonstante festgestellt.

Bestimmung des Brechungsindexes

Der Brechungsindex der Granate wurde mit Hilfe der Immersionsmethode gemessen; als Immersionsflüssigkeit mit einer hohen Brechzahl wurde, durch Methylenjodid verdünnte West-Lösung verwendet. Der Wert des Brechungsindexes der Immersionsflüssigkeit wurde mit einem Jelley-Mikrofraktometer festgestellt. Die Mittelwerte von 3–5 Messungen befinden sich in Tab. 2. Bei der Messung des Brechungsindexes von Melanit gelang es wegen dessen ungenügender Transparenz nicht, eindeutige Ergebnisse zu erhalten, weswegen sie nicht angeführt sind.

Bestimmung des spezifischen Gewichts

Das spezifische Gewicht der Granate wurde mit der Suspensionsmethode in Clerici-Lösung festgestellt; die Dichte der Lösung pyknometrisch. Die Durchschnittswerte befinden sich in Tab. 2.

Röntgenometrische Untersuchung

Zu der Identifikation der Granate der Skarne wurde die Pulvermethode nach Debye-Scherer, präzisiert durch die Wyckoff-Methode, angewendet. Die Diffraktionsaufnahmen wurden unter folgenden Bedingungen gewonnen: Co-Antikathode (λ $k\alpha_1$ — 1.7853 kX), Fe-Filter, Blendendurchmesser 1 mm, Durchmesser der Kammer 64,1 mm, Spannung 23 kV, Intensität 32 mA, Belichtungszeit 8 Stunden, asymmetrische Filmlage. Präparat an Glasfaser geklebt. Standard NaCl. Die mit den tabellarischen Werten für Grossular und Andradit von V. I. Michajev (1957) und den Werten für Melanit von O. Zedlitz (1935) verglichenen Ergebnisse der röntgenometrischen Untersuchungen der Granate zeigt Tab. 3. Um die Identifikation zu präzisieren, wurde aus den korri-

Tabelle 2. Isomorphe Zusammensetzung der Granate der Skarne und ihre physikalischen Eigenschaften

	1	2	3	4
Pyrop $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	9,7	4,7	—	3,3
Almandin $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	2,3	6,2	9,0	9,0
Spessartin $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$	1,0	4,3	4,2	0,8
Grossular $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	67,3	15,6	64,6	10,3
Andradit $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$	49,7	72,2	25,2	72,4
Schorlomit $Ca_3Fe_2(TiO_4)_3$	—	—	—	4,2
Brechungsindex	$1,736 \pm 0,002$	$1,871 - 1,877 \pm 0,002$	$1,783 \pm 0,003$	—
Spezifisches Gewicht	3,56	3,84	3,60	3,74
Gitterkonstante	$11,847 \pm 0,002$	$11,948 \pm 0,004$	$11,851 \pm 0,005$	$11,955 \pm 0,002$

Tabelle 3. Ergebnisse der röntgenometrischen Untersuchungen der Granate der Skarne

Lfd. Nr.	hkl	1		2		3		4		Grossular Michaev		Andradit Michaev		Melanit Zelitit			
		dkX	I	dkX	I	dkX	I	dkX	I	dkX	I	dkX	I	dk tab.	d tab.		
1	220	3,32	2	3,28	3	2,962	7	2,992	8	3,34	3	4,27	3	—	—		
2	400	2,964	—	2,981	—	2,802	1	2,682	10	2,796	8	3,026	8	—	—		
3	411; 330	2,801	1	2,687	10	2,647	10	2,551	4	2,662	10	2,707	3	2,67	—		
4	420	2,653	10	2,530	2	2,541	3	2,536	2	2,551	4	2,567	3	—	—		
5	332	2,415	5	2,439	8	2,410	5	2,449	7	2,419	6	2,462	7	2,43	—		
6	422	2,323	5	2,352	4	2,323	5	2,354	4	2,323	6	2,378	4	2,34	—		
7	431; 510	2,161	5	2,185	4	2,157	5	2,181	4	2,163	6	2,210	3	—	—		
8	521	1,918	8	1,941	5	1,920	6	1,936	5	1,915	8	1,962	5	1,936	—		
9	611; 532	1,873	4	1,890	3	1,876	4	1,893	2	1,877	2	1,912	4	—	—		
10	620	1,742	3	1,743	3	1,738	2	1,706	5	1,727	3	1,742	2	—	—		
11	620	1,705	6	1,718	2	1,706	5	1,727	3	1,727	3	1,789	4	—	—		
12	631	1,694	—	1,690	1	1,694	—	1,704	1	1,704	1	1,738	3	—	—		
13	444	1,644	9	1,656	7	1,646	8	1,655	8	1,639	9	1,659	7	1,655	—		
14	563	1,583	10	1,598	10	1,584	10	1,598	10	1,581	10	1,644	2	1,597	—		
15	640	1,481	6	1,500	3	1,481	8	1,486	2	1,479	7	1,509	4	—	—		
16	721; 633; 552	1,320	—	1,343	6	1,325	6	1,337	6	1,324	8	1,348	6	1,336	—		
17	642	1,291	9	1,306	6	1,291	7	1,306	6	1,291	9	1,315	6	1,306	—		
18	800	1,262	5	1,280	6	1,261	5	1,279	5	1,263	5	1,284	6	1,274	—		
19	822; 660	941; 853; 770	—	1,196	3	1,212	3	1,198	4	1,208	3	1,196	3	1,211	—		
20	840	1,291	9	1,306	6	1,291	7	1,306	6	1,291	9	1,315	6	1,306	—		
21	862	1,262	5	1,280	6	1,261	5	1,279	5	1,263	5	1,284	6	1,274	—		
22	664	932; 763	—	1,100	8	1,114	7	1,100	8	1,113	5	1,101	10	1,119	7		
23	24	1,04; 0; 864	1,083	7	1,096	7	1,085	8	1,093	5	1,082	9	1,095	7	1,060	—	
24	25	10; 2; 0; 862	1,163	2	—	—	1,152	2	—	—	1,156	2	1,182	2	—	—	
25	26	10; 3; 4; 952; 765	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,452	1	—	—	
26	27	871	10; 4; 0; 864	1,047	6	1,062	7	1,058	6	1,059	5	1,049	7	1,065	7	1,060	—
27	28	29	10; 4; 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,031	1	—	—
28	29	30	880	1,047	6	1,062	7	1,058	6	1,059	5	1,049	7	1,065	7	1,060	—
29	31	32	10; 6; 0; 866	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,004	5	—	—
30	31	32	12; 0; 0; 884	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,990	5	—	—
31	33	34	12; 2; 0; 867	0,9723	2	0,9883	3	0,9745	2	0,9954	4	0,9732	6	0,978	8	—	—
32	33	34	12; 2; 2; 10; 6; 4	0,9627	6	0,9745	7	0,9623	6	0,9732	6	0,978	8	0,978	8	—	—

gierten Lagen der Diffraktionswinkel der letzten Linien die Gitter konstante berechnet.

Auf Grund der Studien vom kristallchemischen Standpunkt aus, sowie der Bestimmung einiger physikalischer Eigenschaften, gehören alle Granate der kontakt-metasomatischen Lagerstätte in Tisovec zu der Reihe Grossular—Andradit, mit einer wechselnden Vertretung dieser grundlegenden Komponenten. Ausser den Komponenten Andradit und Grossular befindet sich in den studierten Granaten in der Regel auch eine geringe Menge von Almandin- Spessartin- und Pyrop-Komponenten. Bei Probe Nr 4 wurde auch die Gegenwart von Schorlomit festgestellt. Der Gesamtgehalt dieser drei Komponenten bewegt sich um 12 %.

Bei der Umrechnung von Granat mit einem Titangehalt tauchen gewisse Schwierigkeiten auf, da bei der chemischen Analyse sowohl Ti^{4+} als auch Ti^{3+} als TiO_2 bestimmt wird. Das Problem des Auftretens von Ti in Granaten wird, mit verschiedenen Ansichten, viel diskutiert. Aus den angeführten Analysen geht jedoch hervor, dass Titan sowohl in sechsgliedrige wie auch in viergliedrige Koordinationen eintritt (M. Králová 1960, A. P. Grudev 1964). Der bestimmende Faktor ist, wie schon oben erwähnt wurde, die Entstehungstemperatur.

Bei den Analysen 2 und 3 tauchte bei der Umrechnung in kristallchemische Formeln ein gewisser Überschuss an Al_2O_3 und ein Mangel an SiO_2 auf. Wie mehrere Autoren anführen, pflegt in dem Si_4 -Tetraeder ausser Si, evtl. Ti auch eine gewisse Menge Al vorhanden zu sein (O. Zedlitz 1935, M. Králová 1960, W. A. Deer et al. 1965). Die resultierenden kristallchemischen Formel dieser Granate wurde in diesem Sinne korrigiert.

Bemerkungen zu der Entstehung

Die genaue Identifikation der einzelnen Granatarten wies, neben rein mineralogischen Besonderheiten, unter Berücksichtigung ihrer räumlichen Verteilung in Hinsicht auf die vulkanischen Gesteine auf gewisse Umstände hin, die als eines der Kriterien bei der Lösung genetischer Fragen in Erwägung fallen.

Die bisher veröffentlichten Ansichten über die Entstehung der Skarnlagerstätte bei Tisovec stimmen grundsätzlich überein. Die Autoren H. Jungs h a n n (1912), L. A d a m, J. P t á k, J. S a l á t (1956) sowie Z. B a c s ó (1964) sind in der Hinsicht einer Meinung, dass es sich um eine kontakt-metasomatische Lagerstätte handelt, welche als Folge des Einflusses der Eruption jungtertiärer Vulkanite auf die umliegenden, überwiegend karbonatischen Schichtenfolgen der Muráň-Serie entstanden ist. Z. B a c s ó (1964) ist zum Unterschied von den angeführten Autoren, die den Skarn-Erz-Prozess genetisch an Diorit knüpfen der Meinung, dass die Skarne durch die Kontaktwirkung mehrerer Eruptiva, also auch von Andesiten, die er auch als „skarnführendes Muttergestein“ bezeichnet, entstanden sind. Je nach der räumlichen Beziehung der Skarn-Erz-Lagen zu den Vulkaniten unterscheidet der erwähnte Autor kontakt-bimetasomatische und kontakt-infiltrative Skarne im Sinne der Theorie von D. S. K o r z i n s k i j (1955). Als kontakt-bimetasomatisch betrachtet Z. B a c s ó alle Skarn-Erz-Lagen die sich an dem direkten Kontakt vulkanischer Gesteine mit Kalken gebildet haben, während er Skarnisations- und Vererzungsausserungen in den umliegenden Sedimenten in einer gewissen Entfernung von den aktiven Eruptivgesteinen zu den Infiltrationsskarren rechnet. Zur Unterstützung seiner Ansicht führt er vor allem den, für Skarne die durch eine Diffusion entstanden sind, typischen Zonalbau an.

Das, auf die genaue Identifikation der Granate als wesentlichem Mineral der Nicterz-Skarne gerichtete mineralogische Studium weist dahin, dass der diffusen

Bimetasomatose auf dieser Lokalität höchstwahrscheinlich eine geringere Bedeutung zufällt als bisher vorausgesetzt wurde. Diese Erwägung resultiert aus folgendem: in Einklang mit der bimetasomatischen Konzeption von D. S. Koržinskij (1955), welche an der Mehrheit der Skarnlagerstätten in exokontakten Reaktionszonen bewiesen wurde, kommen an Kontakten magmatischer Gesteine mit Kalken Granate mit einem Überwiegen der Andraditkomponente vor, während die endokontakten Zonen durch einen Granat mit höherem Grossulargehalt charakterisiert werden. Diese Tatsache hängt mit dem unterschiedlichen Migrationsvermögen der einzelnen Elemente in dem Skarnisationsprozess zusammen.

Aus dem mineralogisch-chemischen Studium der Granate (Tab. 1/1,3) der Exoskarne, welche die steil fallenden Amphibolandesit- und Dezitgänge verfolgen⁴ geht ein sichtliches Überwiegen der Grossularkomponente hervor. Das Vorkommen von Grossular in Exoskarnen steht jedoch im Gegensatz zu den Vorstellungen über den Verlauf einer Bimetasomatose. Nach ihrer Mineralzusammensetzung ähneln die Skarnlagen der Störungszone in der Nähe der Fläche der Muráň-Überschiebung den Amphibolandesitgang begleitenden Exoskarnen. In diesem Skarn überwiegen wieder graugrüne, optisch anomale Granate, deren physikalische Eigenschaften auf einen Grossularcharakter hinweisen. Dieses Skarnvorkommen wird von Z. Bačsó zu den kontakt-infiltrativen gereiht. Der Grossularcharakter der Granate des Exoskarns entspricht einer hohen Aktivität von Al in der Lösung, was nur durch die infiltrative Art seiner Migration ermöglicht wird (D. S. Koržinskij 1955). Skarne dieser Art reiht V. A. Žarikov (1961, 1965) zu dem sog. nichtkompensierten Typ, wobei die Exoskarnzone nicht zum Nachteil von Al und Si der anliegenden magmatischen Gesteine, sondern infolge einer Zufuhr dieser Elemente durch postmagmatische Lösungen entstanden ist. Theoretisch wird der gesamte Mechanismus der kontakt-infiltrativen Skarne in der Arbeit von V. A. Žarikov und D. K. Vlasova (1961) erläutert.

Nach der Position der Mehrheit der verfolgbaren Skarnvorkommen des studierten Gebietes scheint es, dass die Art der Entstehung der einzelnen Skarnlagen vor allem durch tektonische Bedingungen bestimmt wurden. Ein tektonisch geschwächtes Milieu, wie es der Kontakt verschiedener Gesteine ist, genauso wie die Störungszone in der Nähe der Überschiebungsfäche, bilden Kontrollstrukturen bei dem Durchdringen postmagmatischer, genetisch an Diorit gebundener Lösungen. Mit Hinsicht auf die stadionhafte Entwicklung des ganzen Skarn-Erz-Prozesses können wir den Zonenbau der Skarne, der in Zusammenhang mit den Andesit- und Dazit-Gangkörpern auftritt, für eher tektonisch als diffus betrachten. Allerdings kann auch den kontakt-bimetasomatischen Prozessen ein Anteil an der Bildung der Skarnlagerstätte bei Tisovec nicht abgesprochen werden. Zu den kontakt-bimetasomatischen Erscheinungen gehören die Skarne, der in Zusammenhang mit den Andesit- und Dazit-Gangkörpern auftritt, für gewesenen Jozef-Sehachts. Darauf weist hauptsächlich die Gegenwart von Granaten mit überwiegender Grossularkomponente in dem Endoskarn hin. Wegen unzureichender Aufschlüsse direkter Kontakte von Diorit mit Kalken konnte dieses Problem bisher nicht konsequent gelöst werden.

Der Chemismus der Granate der Eisenerz-Skarnlagerstätte bei Tisovec entspricht allerdings nicht dem, von E. D. Karpova und A. G. Ivašenecov (1954) empirisch feststellten Verhältnis zwischen dem Vererzungsscharakter und der chemischen Zusammensetzung der Granate, zu welchem die Autoren durch eine Zusammenfassung der Literaturangaben aus verschiedenen Fundorten gekommen sind. Nach den Erfahrungen der angeführten Autoren zeigen die Granate aus magnetitischen und Blei-Zink-Lagerstätten ein Überwiegen der Andraditkomponente. Auf der untersuchten

Lagerstätte besitzen jedoch ein ausgesprochenes Übergewicht Granate mit einem Grossularcharakter, welche an vielen Lagerstätten von einer Scheelitvererzung begleitet werden. Bei einer orientativen Untersuchung der Proben mit einer Luminiszenzlampe wurde ein Vorhandensein dieses Minerals nicht festgestellt. Wenn auch dieser gegenseitige Zusammenhang anscheinend keine Allgemeingültigkeit besitzt, in vielen Fällen aber trotzdem entspricht, ist es bei dem Studium von Skarnlagerstätten notwendig, dieser Frage Aufmerksamkeit zu widmen.

Übersetzt von L. Osvald

SCHRIFTTUM

- Adam L., Pták J., Salát J., 1956: Zpráva o geologickom mapovani územia SZ od Tisovca, vzhľadom na rudný výskyt na vrchu Magnetová. Geol. práce, Zprávy 9, Bratislava.
- Bornemann - Starýnkevič J. D., 1964: Rudovodstvo po rasčetu formul mineralov. Moskva.
- Bouška Vl., Draždák K., Janout F., 1962: Použití mřížkové konstanty a indexu lomu k určení chemického zložení některých československých granátů. Acta Univ. Carolinae, Geologica 3, Praha.
- Bulach A. G., 1964: Rasčet formul mineralov. Moskva.
- Deer W. A., Howie R. A., Zussman J., 1965: Poroobrazujuščeje mineraly I. Moskva.
- Dunajev V. A., 1960: O granatach tečenskogo mestoroždenija. Miner. sborn. AN SSSR, Uralskij filial 35. - Fleischer N., 1937: The relation between chemical composition and physical properties in the garnet group. Amer. Min. 22, 6. - Gnevushev I. A., Kalinin N. I., Michajlov V. I., Smirnov G. I., 1956: Izmenenije razmerov jačejki granatov v zavisimosti ot sostava. Zap. vsesojuz. miner. obč. 85, 4, Leningrad.
- Grudev A. P., 1964: Sostav i nomenklature granatov andradit-grossularovogo izomorfного rjada. Mineraly SSSR, AN SSSR, Trudy 15, Moskva.
- Jungmann H., 1912: Das Eruptivgebiet von Tiszole. Neues Jahrbuch 33. - Karpova E. D., Ivashenecov A. G., 1954: Skarny. Izmenenije okolorudnye porody i ich poiskovoje značenije. Trudy VSEGEJ, Moskva.
- Kašpar J., Přistoupil V., 1954: Nerostní suroviny. Praha.
- Koděra M., 1960: Predbežná zpráva o mineralogickom výskume skarnového ložiska Vyhne-Klokoč. Geofond, Bratislava.
- Koržinskij D. S., 1953: Osnovnye problemy v učenii o magmatogennych mestoroždenijach. AN SSSR, Moskva.
- Koržinskij D. S., 1955: Očerk metasomaticheskij procesov. Sb. Osnovnye problemy v učenii o magmatogennych rudnyh mestoroždenijach. AN SSSR, Moskva.
- Králová M., 1960: Granaty z kontaktne metamorfovaných vápenců Obří Důl v Krkonoších. Sborn. Vysoké školy chemicko-technolog. FAF a FOT 4, Praha.
- Králová M., 1961: Silikátová paragenese skarnového ložiska v Obřím Dole v Krkonoších. Sborn. Vysoké školy chemicko-technologické, odd. mineralogie 5, Praha.
- Králová M., Král R., 1961: Der Chemizmus von Silikaten als geochemischer Indikator in Skarnlagerstätten. Geologie 10, 2, Berlin.
- Kuthan M., 1964: Mladšie treťohory. Vysvetlivky v prehľadnej geol. mape ČSSR 1:200 000, list Banská Bystrica. Geofond, Bratislava.
- Lange H., 1964: Die chemische Zusammensetzung von Granaten aus Metabasiten des Erzgebirges. Geologie 13, 3, Berlin.
- Levin S. B., 1950: Genesis of some adirondack garnet deposits. Bull. Geol. Soc. Amer. 61, 6.
- Mackovský M. T., 1939-1940: Über die chemisch-physikalischen Zusammenhänge in der Granatsystemen Grossular-Melanit und Melanit-Titanomelanit unter dem Einfluss des Eisens bzw. Titans. Chemie der Erde 12, Jena.
- Michajlov V. I., 1957: Rengenometričeskij opredelitel mineralov. Moskva.
- Serdúčenko D. P., 1955: Grossular i andradity iz archajskogo kompleksu Aldana.
- Sriramadas A., 1957: Diagrams for the correlation of unit cell edges and refractive indices with the chemical composition of granats. Amer. Min. 42.
- Starkov N. P., 1950: Optičeski anomalnye granaty Gory Sabory na Južnom Urale. Zap. vsesojuz. min. obč. 79, 4.
- Tolkačev S. S., 1955: Tablice mežploskostnych rastojanij. Leningrad.
- Tröger E., 1959: Die Granatsgruppe: Beziehungen zwischen Mineralchemismus und Gesteinsart. Neues Jahrbuch, Miner. Abt. 93, 1.
- Turan J., 1955: Quantitative manometrische Bestimmung von Karbonaten des Typs Kalk-Dolomit. Geol. sborn. Slov. akad. vied 16, 1, Bratislava.
- Vachrušev V. A., Sobolev N. V., 1963: Granaty irbinskoj grupy železorudnych mestoroždenij. Materiały po genetickoj i experimentalnoj mineralogii 1.

Winchell A. N., Winchell H., 1953: Optičeskaja mineralogija. Moskva. — Winchell H., 1958: The composition and physical properties of garnet. Amer. Min. 43. — Wright W. J., 1938: The composition and occurrence of garnets. Amer. Min. 43. — Zedlitz O., 1933: Über Titanreichen Kalkeisengranat. Zentralblatt f. Miner., Geol. und Paleont. A. — Zedlitz O., 1935: Über die Titanhaltige Kalkeisengranate II. Zentralblatt f. Miner., Geol. und Paleont. A. — Zarikov V. A., Vlasova D. K., 1961: Kontaktnije rogoviki i skarny mestoroždenija Majchura. Fizikochimičeskie problemy formirovaniija gornych porod i rud I. — Zarikov V. A., 1965: K razvitiu teorii procesov skarnoobrazovaniija. Geologija rudnyh mestoroždenij 7, 4.

Zur Veröffentlichung empfohlen von B. Cambel.

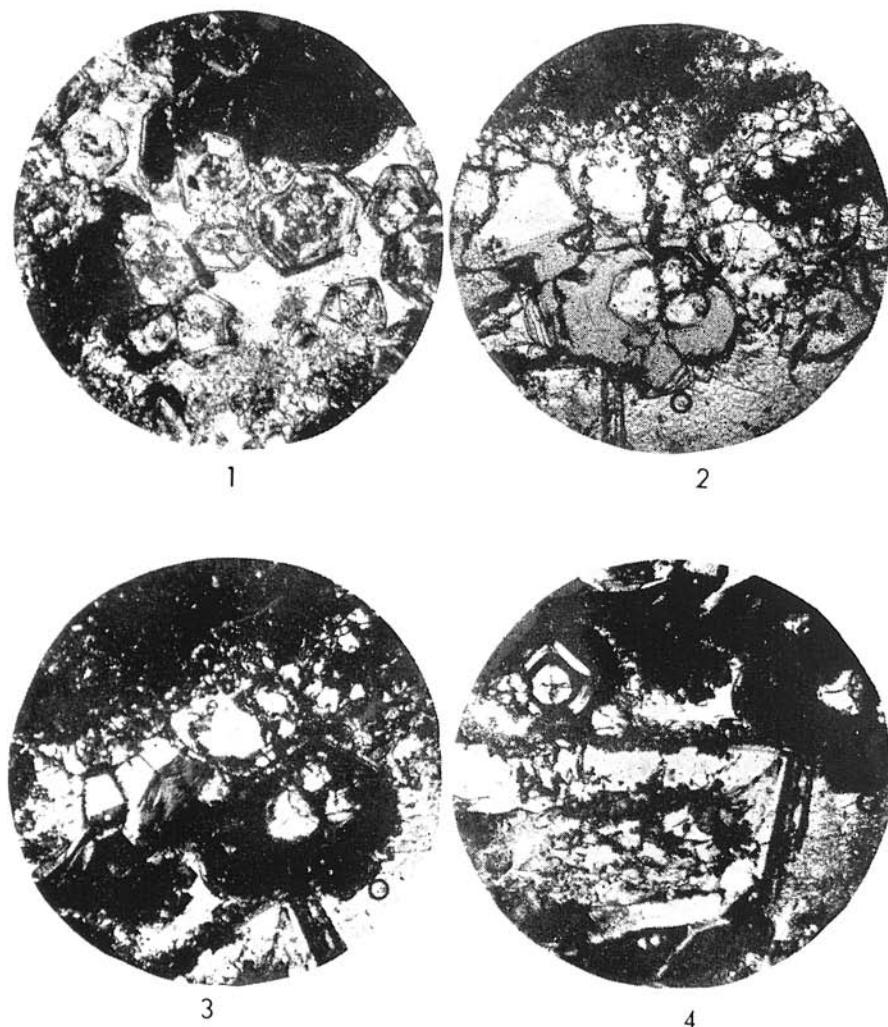
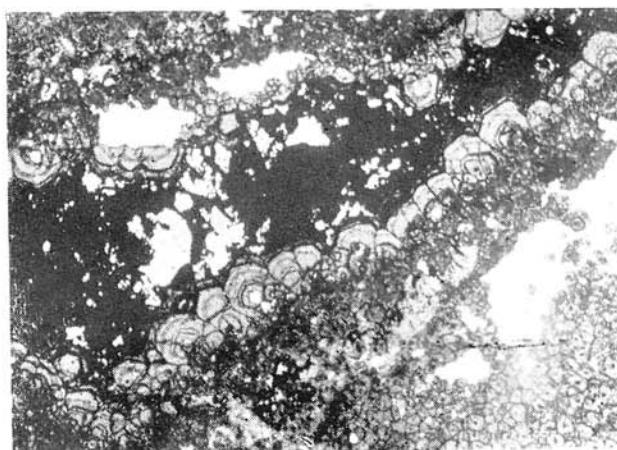
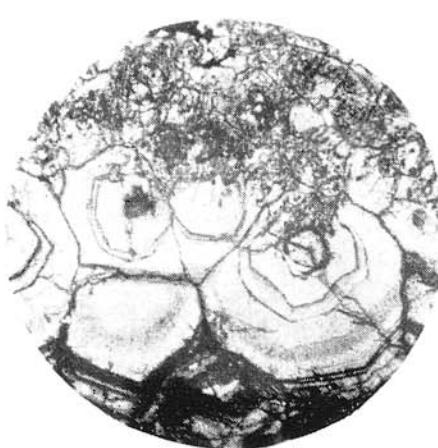


Fig. 1. Isotroper Granat der ersten Generation, durch optisch anomalen, idiomorph begrenzten Granat der zweiten Generation verdrängt. Nic. X, Vergr. 33x. — Fig. 2. Optisch anomaler Granat von isotropem Granat eingeschlossen. Nic. //, Vergr. 33x. — Fig. 3. Optisch anomaler Granat von isotropem Granat eingeschlossen. Nic. X, Vergr. 33x. — Fig. 4. Granat mit abwechselnd optisch anomalen und isotropen Zonen. Nic. X, Vergr. 33x. Photo L. Oswald.



1

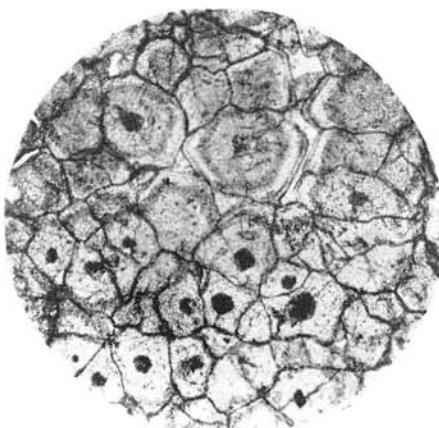


2



3

Fig. 1. Mit Pyrit und Quarz gefüllte Druse von dunkelbraunem, zonalem Granat der **dritten** Generation. Nic. //, Vergr. 8x. — Fig. 2. Zonaler Aufbau von Granaten der dritten Generation. Nic. //, Vergr. 33x. — Fig. 3. Zonaler Aufbau von Granaten der dritten Generation. Nic. //, Vergr. 33x. Photo L. Osvald.

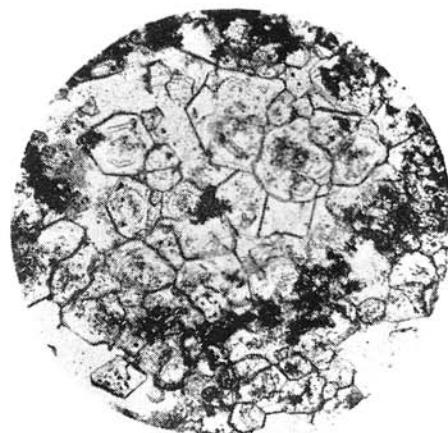


1

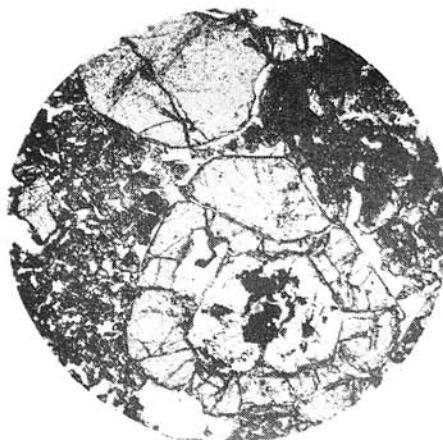


2

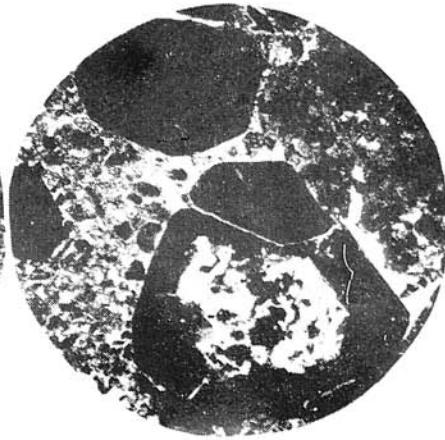
Fig. 1. Zonaler Aufbau von Granaten der dritten Generation. Nie. ||, Vergr. 33x. — Fig. 2. Sechseckige Querschnitte von idiomorph begrenztem, optisch anomalem Granat in Endoskarn. Nie. X, Vergr. 104x. Photo L. Osvárd.



1



2



3

Fig. 1. Umbildung von optisch anomalem Granat, als erdige Trübung der mittleren Partien der Körner sichtbar. Nic. //, Vergr. 33x. — Fig. 2. Pseudomorphose von isotropem Granat durch Quarz und Karbonat. Nic. //, Vergr. 33x. — Fig. 3. Pseudomorphose von isotropem Granat durch Quarz und Karbonat. Nic. X, Vergr. 33x. Photo L. Osvald.