

M. KODĚRA—E. KRIST—M. MATHERNY

CHARAKTER GRANÁTOV
Z BURZOVA A POMJASLA*(Obr. 2—12 v texte, tab. XII—XIV, anglické resumé)*

V tejto práci sa opisujú granatické andezity a granáty z Burzova a Pomjasla južne a jv. od Zvolena (Kremnicko-štiavnické rudohorie). Granátom sa venuje osobitná pozornosť. Sú presne identifikované na základe chemickej analýzy, emisnej spektrálnej analýzy a zmeraných najdôležitejších fyzikálnych konštánt (mriežková konštanta, index lomu a špecifická váha.). Podľa vykonaných štúdií sú zatriedené do hlavnej zložky — almandinu — a podáva sa názor na ich genézu.

A. Ú v o d

Roku 1955 urobili dvaja z autorov (K r i s t—K o d ě r a 1956) geologické mapovanie územia južne od Zvolena a Víglaša. Toto územie patrí k východnej časti vulkanického Štiavnického pohoria a je budované hlavne neovulkanitmi, a to andezitmi a im zodpovedajúcimi pyroklastikmi.

Andezity tohto územia patria k najmladším andezitom druhej vulkanickej periódy (F i a l a 1933) a svojím celkovým charakterom pripomínajú andezity Poľany a Sitna.

Mineralogicky a chemicky sú si andezity z jednotlivých lokalít veľmi blízke a vykazujú len malé zmeny, ktoré boli pravdepodobne zapríčinené len diferenciáciou jednej taveniny v priebehu efuzívnej fázy.

Na niektorých lokalitách, a to v lome v údolí Pomjasla, 750 m južne od k. 597, a v lome v údolí potoka Burzovo, asi 650 m sv. od k. 416, a v oblasti Vysoká Stráň sz. od k. 753 je zastúpený v andezite granát (tab. XII, obr. 1).

Zmienky o výskyte granátov v andezitoch z okolia Zvolena uvádza v práci S z a b ó (1891). Z oblasti Dolných Brezín južne od Zvolena opísal granáty z biotiticko-amfibolického andezitu F i a l a (1954).

Pretože granáty z uvedených oblastí neboli mineralogicky a chemicky dosiaľ spracované, rozhodli sa autori podrobnejšie rozpracovať tento problém.

B. Petrografia andezitov

I. Autometamorfný granatický andezit (lokalita Pomjaslo)

Makroskopický opis

Makroskopicky ide o horninu tmavošedej farby jasne porfyrického vývoja a fluidálnej textúry, pričom sa striedajú šedočierne partie s partiami šedobielymi, ktorých mocnosť sa pohybuje v priemere od 1 mm do 50 mm. Základná hmota je makroskopicky celistvá. Z porfyrických vyrastlíc možno presne identifikovať plagioklasy bielej alebo mliečnobielej farby, ktoré sa čerstvé vyznačujú skleným leskom. Ďalej pristupujú drobné kryštáliky pyroxénu čiernej farby. Ojedinele možno pozorovať kryštáliky pyroxénu, dosahujúce veľkosti 3×5 mm. Granát, vyskytujúci sa v andezite, dosahuje veľkosť niekedy až 15 mm. Farby je hnedočiernej a zriedka kedy pozorovať okolo neho prítomnosť kelifitickéj obruby. V hornine býva zastúpený len v akcesorickom množstve. Vystupuje jednak v samom andezite, jednak v leukokratnejších partiách, ktoré často nadobúdajú charakter uzavrenín.

Mikroskopický opis

Mikroskopicky má andezit porfyrickú štruktúru so základnou hmotou pylo-taxitického vývoja, v ktorej nachádzame jemne lištovité až ihličkovité vyvinuté plagioklasy, dosahujúce i pri najväčšom zväčšení len veľmi malé rozmery, preto ich bázcitu nemožno presne stanoviť. V častiach leukokratnejších sa zdá vývoj základnej hmoty holokryštalický, čo však nemožno s plnou istotou potvrdiť. Prítomná sklovitá súčiastka v andezite prekonala odsčelnenie a nadobúda drobno-zrnný anizotropný charakter. Percentuálny pomer porfyrických vyrastlíc voči základnej hmote pohybuje sa v medziach ca 15–20 % : 85–80 %.

Ako podstatné súčiastky vyvinuté v porfyrických vyrastliciach sú zastúpené plagioklasy, rombický pyroxén, pyroxén málo šikmo zhášajúci, čadičový amfibol a jednoklonný pyroxén—augit.

Medzi porfyrickými vyrastlicami prevládajú pyroxény, ktorých veľkosť kolíše v rozmedzí ca 0,2 do 15 mm, ojedinele i väčšie (25 mm). Plagioklasy sú najčastejšie albiticky, menej periklínove lamelované a vyznačujú sa väčšinou idiomorfným vývojom. Plagioklasy, ako vidno, patria dvom generáciami. Prvej generácii, ktorá kryštalizovala pred rombickým pyroxénom, patrí len malá časť, pričom ide o kryštáliky pomerne malých rozmerov. Druhej generácii patria plagioklasy voľne vystupujúce v základnej hmote. Z uzavrenín v plagioklasoch okrem akcesoricky prítomného apatitu, tvoriaceho stĺpčeky, vystupuje sklovitá súčiastka, ktorá je buď v stredných častiach kryštálov, alebo na styku jednotlivých prírastkových zón kryštálu, čím poukazuje na kolísanie teploty v tavenine počas jej kryštalizácie. Druhotne došlo k odsčelneniu. Plagioklasy sú čerstvé a boli

magmaticky tavené. Podľa zhášania v symetrickej zóne zodpovedajú andezín — labradoritu (27,5—28°).

Ďalšou súčiastkou patriacou k podstatným komponentom je hyperstén idiomorfneho vývoja, ktorý bol porušený v niektorých prípadoch magmatickým tavením v intratelurickom štádiu. Pleochroizmus pre optický smer α je svetloružový a pre γ je svetlozelený. Ako uzavreniny v ňom vystupujú stĺpčekovite vyvinutý apatit, zrníčekovite vyvinutý magnetit, ojedinele zirkón a živec.

Ďalšou súčiastkou je čadičový amfibol, ktorý po magmatickej resorpcii bol nahradzovaný oxydickými minerálmi železa, najčastejšie magnetitom (tab. XII, obr. 2). Okrem toho možno pozorovať, že v dôsledku nestabilnosti amfibolu dochádzalo k vzniku primárneho biotitu. Čadičový amfibol v miestach nepostihnutých magmatickou resorpciou prejavuje pleochroizmus v silne hnedých farbách.

Monoklinické pyroxény zastúpené augitom, príp. diopsidickým augitom majú voči rombickému hypersténu pomerne malé zastúpenie. Medzi pozorovanými pyroxénmi boli pozorované aj také, ktoré sa svojimi optickými vlastnosťami (ako pleochroizmus, index lomu) podobajú hypersténu, od ktorého sa však líšia pomerne malým uhlom šikmého zhášania a malým, ba takmer až nulovým uhlom optických osí. Pre tento druh pyroxénu sa zistili tieto konštanty: optický charakter je negatívny, zhášanie 5,5—15°, dvojlom meraný na ploche kolmej na rovinu optických osí 0,004—0,008. Celkove sú pyroxény, najmä rombické, postihnuté serpentinizáciou, ktorá postupuje od okrajov po puklinách a pozdĺž štiepných trhlín.

Nasledujúcou primárnou súčiastkou, charakteristickou pre uvedený andezit, sú granáty. Pri makroskopickom pozorovaní často vidíme, ako sa už spomínalo, že sú jednak v samej hornine a jednak sa zdá, že vystupujú v leukokratnejších partiách, predstavujúcich zdanlivé uzavreniny. Mikroskopický výskum však ukazuje, že v prípade leukokratnejších partií nejde o nijaké cudzorodé uzavreniny, lež o kryštalizačné zhľuky prevažne zložené zo svetlých minerálov — plagioklasov, ktoré nadobúdajú prevahu nad minerálmi tmavými — pyroxénmi a rudným komponentom, magnetitom. Podľa mikroskopického výskumu možno konštatovať, že sa granát vytvoril ako normálna porfyrická vyrastlica počas kryštalizácie taveniny a pri ďalšom tuhnutí dochádzalo k jeho zatlačovaniu a neskoršie k vytvoreniu obruby, pozostávajúcej z plagioklasov, alebo z plagioklasov a serpentiniticko-chloritickej masy (tab. XIII, obr. 1, 2; tab. XIV, obr. 1). Chlorit je zastúpený klinochlórom. Uvedená serpentiniticko-chloritická časť obruby vznikla ako dôsledok autometamorfnej premeny pyroxénového materiálu, vzniknutého pri reakcii granátu s okolnou taveninou. V tejto serpentiniticko-chloritickej mase sa nachádza roztrúsený magnetit. Vonkajšia plagioklasová zóna má hrúbku ca 0,6 mm, serpentiniticko-chloritická masa ca 0,7 mm. Z uzavrenín, ktoré vystupujú v granáte, sú plagioklasy, magnetit a apatit.

K ostatným akcesóriám zastúpeným v hornine patrí magnetit v pyroxénoch a v základnej hmote, apatit v živcoch, pyroxénoch a granáte, ďalej biotit a oje-

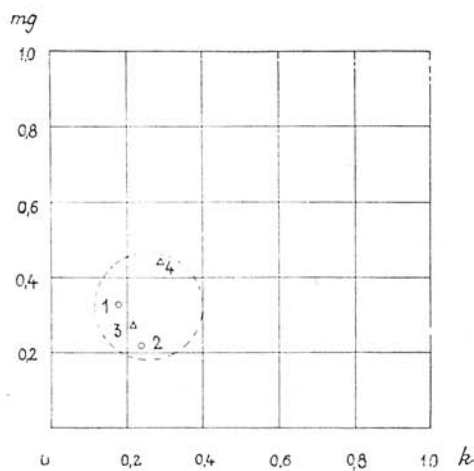
dinele sa vyskytujúci zirkón. Zo sekundárnych minerálov vyskytuje sa serpentín, limonit a chlorit.

II. Autometamorfný granatický andezit (lokalita Burzovo)

Andezit z lokality Burzovo sa nelíši mineralogickým zložením od predtým opisovaného. Podobne ako pri andezite z Pomjasla, pristupuje ako primárna súčiastka granát. Mikroskopicky je červenkastej farby a nepravidelne poličkovitej štruktúry. Vyznačuje sa dokonalou izotropiou. Rozdiel od opisovaného granátu je v tom, že jeho kelifitická obruba sa skladá len z plagioklasov a býva oddelená od kraja granátu úzkou magnetitovou obrubou. Z uzavrenín sa vyskytujú v granáte plagioklasy, magnetit, apatit, pyroxén a zirkón (tab. XIV, obr. 2). Ako možno mikroskopicky pozorovať predovšetkým na plagioklasoch, dochádzalo počas kryštalizácie granátu k ich zatlačovaniu a ku vzniku magnetitovej obruby okolo nich, ktorá ich uchránila pred úplnou resorpciou. V andezite z lokality Burzovo vystupujú granáty nielen v samom andezite, ale aj v leukokratických uzavreninách, ktorých rozmery kolíšu medzi 10–50 mm. Z hľadiska minerálneho zloženia leukokratické uzavreniny obsahujú prevažne plagioklasy, v menšom množstve monoklinické pyroxény (diopsid—augit) a rombické pyroxény (hyperstén), ako aj malé množstvo sklovitých súčiastok.

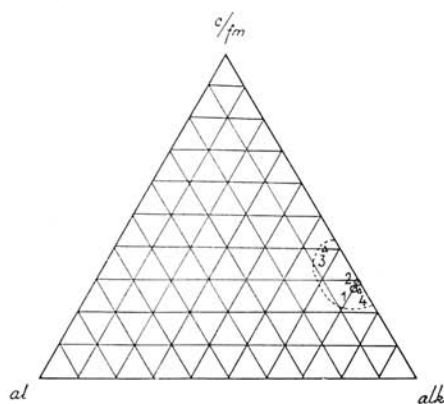
III. Chemizmus granatických andezitov

Výsledky kvantitatívnych chemických analýz¹ andezitov sú uvedené v tabuľkách s príslušnými prepočtami na Osanove a Niggliho hodnoty. Výsledky sú pre väčšiu názornosť uvedené v diferenciálnych grafoch na obr. 2, 3, 4.

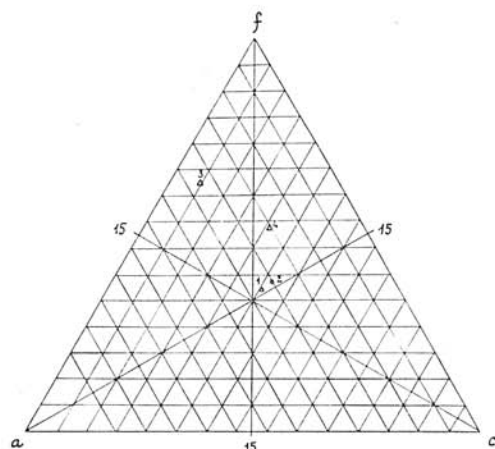


Obr. 2. k — mg diagram. 1 — andezit lokalita Burzovo, 2 — andezit lokalita Pomjaslo, 3 — andezit lokalita Tisovec, 4 — andezit lokalita Veľký Šariš.

¹ Chemické analýzy robil J. Franek.



Obr. 3. al — alk — c/fm diagram — Niggliho trojuholník, 1 — andezit lokalita Burzovo, 2 — andezit lokalita Pomjaslo, 3 — andezit lokalita Tisovec, 4 — andezit lokalita Veľký Šariš.



Obr. 4. Znáznornenie chemizmu porovnávaných andezitov v Osanovej projekcii. 1 — andezit lokalita Burzovo, 2 — andezit lokalita Pomjaslo, 3 — andezit lokalita Tisovec, 4 — andezit lokalita Veľký Šariš.

T a b u l k a 1. Chemická analýza a prepočet andezitu z lokality Burzovo

Kysličníky	a	b	c
SiO ₂	56,27	937	63,05
TiO ₂	0,41	5	0,33
Al ₂ O ₃	21,18	207	13,89
Fe ₂ O ₃	0,71	prepočítané na FeO	
FeO	6,32	92	6,19
MnO	0,20	3	0,20
MgO	1,07	26	1,74
CaO	7,06	126	8,47
Na ₂ O	4,16	67	4,50
K ₂ O	2,08	22	1,48
P ₂ O ₅	0,08	1	0,06
— H ₂ O	0,38	—	—
+ H ₂ O	0,33	—	—
Spolu . . .	100,25	1486	100

a — váhové množstvo v percentách, b — molekulárne kvocienty,
c — prepočet molekulárnych kvocientov na základ 100.

T a b u l k a 2. Chemická analýza a prepočet andezitu z lokality Pomjas'o

Kysličníky	a	b	c
SiO ₂	59,22	986	66,62
TiO ₂	0,42	5	0,33
Al ₂ O ₃	19,31	189	12,77
Fe ₂ O ₃	1,66	prepočítané na FeO	
FeO	5,25	92	6,21
MnO	0,22	3	0,20
MgO	1,55	38	2,56
CaO	4,73	84	5,67
Na ₂ O	4,24	68	4,59
K ₂ O	1,48	15	1,01
P ₂ O ₅	0,04	—	—
—H ₂ O	0,42	—	—
+H ₂ O	0,38	—	—
Spolu . . .	98,92	1486	100

a — váhové množstvo v percentách, b — molekulárne kvocienty,
c — prepočet molekulárnych kvocientov na základ 100.

T a b u l k a 3. Výpočet Osanových a Niggliho hodnôt

Hodnoty		Granatický andezit z			
		Burzova	Pomjasla	Tisovca *	Veľ. Šariša *
Osanove	a	8,00	8,00	9,00	6,00
	c	10,50	11,00	2,00	8,50
	f	11,50	11,00	19,00	15,50
	s	63,88	63,38	70,68	66,18
	n	7,50	8,20	7,50	7,09
	k	1,01	1,10	1,30	1,26
Niggliho	al	38,02	38,65	26,85	32,85
	fm	22,66	27,19	26,35	29,21
	c	23,03	17,10	25,50	24,10
	alk	16,27	16,97	21,30	13,84
	si	171,27	201,83	257,00	196,10
	mg	0,22	0,33	0,27	0,44
	k	0,24	0,18	0,22	0,29

* Prepočty prevzaté z práce Zorkovského (1956).

Z chemických analýz a z ich prepočtov je vidno, že granatické andezity z Burzova a Pomjasla sú prakticky totožné, sú však odlišné od ostatných slovenských, dosiaľ opísaných granatických andezitov. Túto totožnosť potvrdzujú i emisne spektrálne rozboru uvedené v ďalšej kapitole.

C. Chemizmus granátov

I. Chemická analýza a jej mineralogické zhodnotenie

Andezity obsahujú väčšie množstvá porfyrických vyrastlíc granátu boli mechanicky rozpojené, čím boli granáty uvoľnené zväčša od okolitej horniny. Očistenie väčších kusov sa kontrolovalo použitím lupy, pri menších binokulárnym mikroskopom. Takto upravený materiál sa použil na chemickú analýzu, emisne spektrálnu analýzu a na zmeranie niektorých fyzikálnych konštánt granátov. Výsledky chemickej analýzy podáva tab. 4.

Tabuľka 4. Chemická analýza granátov z Burzova a Pomjasla *

Kyslíčníky	Burzovo	Pomjaslo
SiO ₂	36,24	37,08
P ₂ O ₅	0,03	0,04
TiO ₂	0,21	0,22
Al ₂ O ₃	19,07	19,99
Fe ₂ O ₃	16,58	13,42
FeO	20,24	20,59
MnO	0,77	1,54
CaO	2,22	2,80
MgO	1,58	1,85
Na ₂ O	2,76	2,24
K ₂ O	0,50	0,36
- H ₂ O	—	—
+ H ₂ O	—	—
Spolu . . .	100,30	100,03

* Kvantitatívne chemické analýzy robil J. Franek.

Výsledky chemickej analýzy boli východiskom na prepočet jednotlivých granatických komponentov. Pri prepočte sa použil tento postup: z analýzy sa odpočítala najprv príslušná časť CaO, SiO₂, Al₂O₃ a alkálií, viazaných na uzavreniny plagioklasov. Množstvo plagioklasov odhadnuté mikroskopicky bolo asi 4 % o bazicite Ab₅₀, An₅₀. Zvyšok alkálií bol prevažne zastúpený v iných heterogénnych znečisteninách. Ďalej sa od výsledku odpočítala alikvotná časť CaO, viazaná na apatit na základe analyticky zisteného množstva P₂O₅. Takto upravená chemická analýza sa prepočítala na jednotlivé granatické zložky.

Obsah pyropovej a spesartínovej zložky sa stanovil na základe obsahu MgO a MnO. Zastúpenie almandínovej zložky sa stanovilo na základe zvyšného množstva SiO₂, získaného po odpočítaní príslušnej časti SiO₂ viazaného na grosulárovú a andraditovú zložku (toto množstvo možno ľahko zistiť pomocou obsahu CaO, lebo tento je viazaný len na grosulár a andradit). Zastúpenie grosulárovej

zložky sa stanovilo pomocou zvyšného množstva Al_2O_3 , ktoré sa viaže len na grosulár. Zostávajúci obsah CaO nakoniec udáva zastúpenie andraditovej zložky. Zvyšujúce množstvo železa sa prepočítalo na magnetit (pozri mikroskopický opis). Uvarovitová zložka v granátoch prakticky chýba, lebo chróm, ako to vidno z emisnej spektrálnej analýzy, je zastúpený len v stopovom množstve. Aby bolo možné urobiť uvedený prepočet, prevažná časť Fe_2O_3 bola prepočítaná na FeO , pretože sa predpokladalo, že pri vetraní granátov došlo zrejme k oxydácii značnejšej časti dvojmocného železa. S podobným prepočtom sa stretávame vo viacerých prácach o granátoch, ako to uvádza J a f f e (1951). Výsledky mineralogických prepočtov sú uvedené v tab. 5 a 6. Pre názornosť a pre diskusiu

Tabuľka 5.

Prepočet chemickej analýzy na granatické komponenty pre granát z lokality Pomjaslo

Granat. komp. uzavreniny	SiO_2	P_2O_5	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	%
Pyrop	2,76		1,56					1,85			7,87
Almandín	28,40		16,06		33,36						80,98
Spesartín	1,30		0,74			1,54					3,71
Grosulár	1,38		0,77				1,290				3,94
Andradit	1,24			1,07			1,153				3,50
Apatit		0,04					0,047				— 100 %
Magnetit				0,64	0,36						1
Albit	1,50		0,42						0,25		
Anortit	0,50		0,42				0,310				4
Súčet	37,08	0,04	19,99	1,71 *	33,72 *	1,54	2,800	1,85	0,25		
Analýza	37,08	0,04	19,99	1,71 *	33,60 *	1,54	2,800	1,85	2,24	0,36	

* Hodnoty upravené po prepočte Fe_2O_3 na FeO .

Minerály:	%
Granát	95
Plagioklasy	4
Magnetit	1
	100 %

výsledkov meraní fyzikálnych konštánt sú vynesené polohy analyzovaných granátov spolu s niektorými granátmi—almandínmi analyzovanými Nov á č k o m (1931) do diferenciačných diagramov podľa Bo e k a a E i t e l a (1923) (graf 5 a 6).

Okrem mineralogického prepočtu sa vypočítal i chemický vzorec a molekulová váha pre oba almandíny. K výpočtu sa vzali analytické koncentrácie granáto-

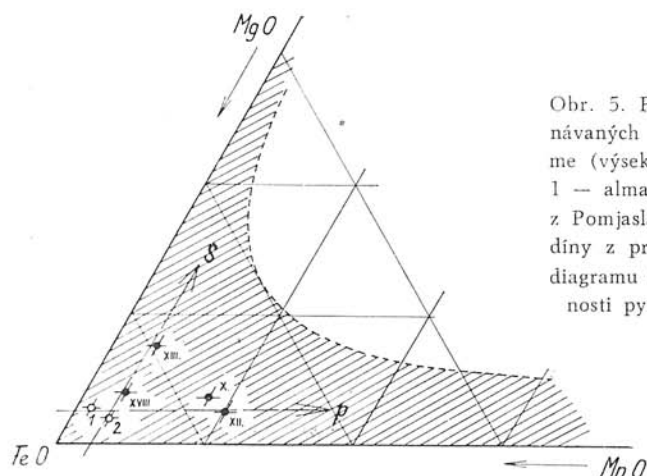
Tabuľka 6.

Prepočet chemickej analýzy na granatické komponenty pre granát z lokality Burzovo

Granat. komp. uzavreniny	SiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	%
Pyrop	2,35		1,33					1,58			6,86
Almandín	29,24		16,54		34,91						85,39
Spesartín	0,64		0,37			0,77					1,88
Grosulár											—
Andradit	2,01			1,22			1,875				5,87
Apatit		0,03									100 %
Magnetit				1,22	0,72		0,035				2
Albit	1,50		0,42						0,25		4
Anortit	0,50		0,42				0,310				
Súčet	36,24	0,03	19,08	2,44 *	35,63 *	0,77	2,220	1,58	0,25		
Analýza	26,24	0,03	19,07	2,44 *	35,68 *	0,77	2,220	1,58	2,76	0,50	

* Hodnoty upravené po prepočte Fe₂O₃ na FeO.

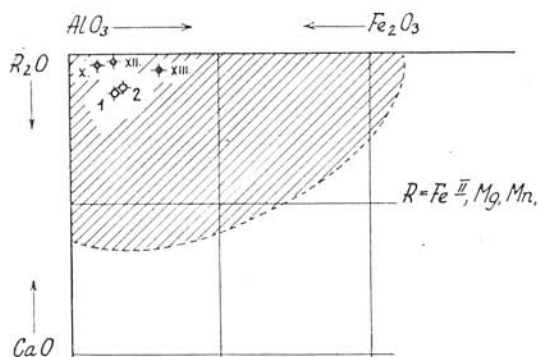
Minerály:	%
Granát	94
Plagioklasy	4
Magnetit	2
	100 %



Obr. 5. Poloha analyzovaných a porovnávaných granátov v tenárnom systéme (výsek!) pyrop—almandín—spesartín. 1 — almandín z Burzova, 2 — almandín z Pomjasla, X, XII, XIII, XVIII almandíny z práce Nováčka. Vyšrafovaná časť diagramu značí oblasť vzájomnej miesiteľnosti pyropu, almandínu a spesartínu.

tvorných zložiek (I), a to po odpočítaní alikvotných množstiev SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, CaO a MgO po ostatných mineráloch uzavretých v granáte, Tak isto sa nebralo do úvahy množstvo alkálií pri tomto výpočte, lebo sa pred-

pokladalo, že je to nehomogénna primes (nie je viazaná v štruktúre — pozri diskusiu o spektrálnej analýze). Upravené analytické koncentrácie sa prepočítali na základ 100 (II). Prepočítané hodnoty sa delili zaokrúhlenou hodnotou molekulovej váhy (Hejtmann 1956) a násobili 1000 (III). Pretože sa počítalo so zložkami vo forme kysličníkov, súčet týchto hodnôt musí byť úmerný súčtu



Obr. 6. Poloha analyzovaných a porovnávaných granátov v komplexnom diagrame (výsek!) vzájomných zmesných pomerov skupiny pyrop + almandín + spessartín s grosulárom a andraditom. 1 — almandín z Burzova, 2 — almandín z Pomjasla, X, XII, XIII almandíny z práce Nováčka. Vyšrafovaná časť značí oblasť, v ktorej sa môžu grosulár a andradit miesiť s pyrop + almandín + spessartínovou skupinou

Tabuľka 7. Výpočet chemického vzorca a molekulovej váhy

Granátotvorné zložky	Almandín z Burzova					Almandín z Pomjasla				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
SiO ₂	34,24	36,90	615,00	3,01	180,60	35,07	37,10	616,70	3,02	181,20
Al ₂ O ₃	18,24	19,60	192,20	0,94	95,80	19,13	20,20	198,00	0,97	99,00
Fe ₂ O ₃	1,22	1,30	8,10	0,04	6,40	1,07	1,15	7,20	0,03	4,80
FeO	34,91	37,65	522,60	2,57	185,20	33,36	35,35	490,70	2,40	173,00
MnO	0,77	0,85	12,00	0,06	4,30	1,54	1,60	22,50	0,11	7,80
CaO	1,38	2,00	35,70	0,17	9,50	2,44	2,60	46,40	0,23	12,90
MgO	1,58	1,70	42,50	0,21	8,40	1,58	2,00	50,00	0,24	9,60
Spo'u	92,84	100,00	1428,10	7,00	490,20	94,46	100,00	1431,50	7,00	488,30

I — analytické koncentrácie granátotvorných zložiek.

II — analytické koncentrácie — x_i — prepočítané na základ 100

$$\text{III} - \frac{x_i}{(\text{Mol. váha})_i} \cdot 1000$$

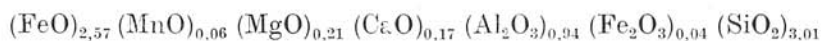
$$\text{IV} - \frac{7 \cdot \frac{x_i}{(\text{Mol. váha})_i} \cdot 1000}{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{(\text{Mol. váha})_i} \cdot 1000} = q_i$$

$$\text{V} - q_i \cdot (\text{Mol. váha})_i$$

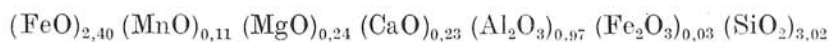
koefficientov — q_i — rozpísaného racionálneho chemického vzorca, ktorý je 7 (3 : 1 : 3), čiže jeho prevedením na základ 7 vyšli koefficienty pre jednotlivé kysličníkové zložky (IV).

Molekulová váha almandínov sa odvodila od jednotlivých koeficientov — q_i — ich vynásobením príslušnými zaokrúhlenými molekulovými váhami a ich spočítaním (V). Výsledky prepočtu sú v tab. 7.

Chemický vzorec almandínu z Burzova



Chemický vzorec almandínu z Pomjasla



Z výsledkov chemických analýz, z prepočtov na jednotlivé granatické komponenty a z vypočítaných chemických vzorcov vyplýva, že granáty z oboch lokalít si sú chemicky veľmi blízke. Oba granáty patria k almandínu s pomerne nízkym obsahom ostatných granatických komponentov. Granát z Burzova na rozdiel od granátu z Pomjasla obsahuje vyšší podiel almandínovej zložky na úkor ostatných zložiek hlavne grosulárovej, ktorá v ňom celkom chýba. Vykazuje však o málo zvýšený obsah andraditovej zložky. Je to dôsledok celkove vyššieho obsahu železa a nižšieho obsahu MnO, MgO a CaO v granáte z tejto lokality.

Podrobnú systematiku granátov podáva Heritsch (1927). Almandíny podľa percentuálneho zastúpenia jednotlivých granatických komponentov zadeľuje do štyroch skupín. Analyzované granáty nemožno však presne zadeľiť ani do jednej z týchto skupín. Granát z Burzova stojí najbližšie štvrtej skupine, má však podstatne vyšší obsah almandínovej zložky. Granát z Pomjasla stojí najbližšie tretej skupine, má však nepatrne vyšší obsah almandínovej zložky a nepatrne nižší obsah zložky spesartínovej. S podobnými ťažkosťami sa stretol i Zorkovský (1950, 1952, 1956) pri zaraďovaní granátov z andezitov východného Slovenska. Z tohto dôvodu rozšíril Heritschovu systematiku granátov o piatu skupinu, do ktorej zaraďuje ním analyzované almandíny. Granáty z Burzova a Pomjasla nemožno však pre nízky obsah grosulárovej zložky zaradiť ani do tejto piatej skupiny. Heritschova systematika granátov, hlavne almandínov, je pre granáty z andezitov málo vhodná. Dá sa to vysvetliť tým, že Heritsch pri tvorbe svojej systematiky nebral do úvahy granáty z andezitov, ktoré sa vyzna-

Tabuľka 8. Porovnanie granatických komponentov v granátoch z andezitov

Komponent	Burzovo	Pomjaslo	Tisovec*	Veľ. Šariš*	Záhradné*
Almandín	85,39	80,93	48,12	65,70	63,34
Pyrop	6,86	7,87	5,87	13,60	14,92
Andradit	5,87	3,30	8,05	—	—
Spesartín	1,88	3,71	2,52	6,10	6,90
Grosulár	—	3,94	35,44	12,60	14,84

* Prepočty prebrané z práce Zorkovského.

čujú osobitným chemizmom a teda aj zastúpením jednotlivých granatických zložiek.

Ak porovnáme chemizmus študovaných granátov zo štiavnických andezitov s granátmi andezitov východného Slovenska (tab. 8), uvedených v prácach Zorkovského, badáme dosť podstatný rozdiel. Granáty z andezitov východného Slovenska sa vyznačujú oveľa vyšším obsahom grosulárovej zložky a niekedy (Záhradné a Veľ. Šariš) i pyropovej a spesartínovej zložky. Obsahujú však vždy podstatne vyšší podiel zložky almandínovej.

II. Emisná spektrálna analýza

Experimentálna časť

Spektrálna analýza sa robila na strednodisperznom kremennom spektrografe ISP-22. Odiskrovanie vzoriek sa konalo v oblúku striedavého prúdu použitím generátora DG-1. Registrácia sa robila na dosku Foma-spekτρο-moδrá 220, dosky sa vyvolávali vo vývojke Agfa-Final-Feinkorn 12 min. pri $18,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Pri kvalitatívnom stanovení prvkov sa používali na porovnanie tabuľky K a l i n i n a a kol. (1951) a G e r l a c h a — R i d l o v e j (1949). Intenzita čiar sa porovnávala s s. p. d. škálou metódou podľa A d d i n k a (1950, 1955). Podľa tohto odhadu sa zaeľovali stanovené prvky do 7 skupín, vyjadrujúcich kvantitatívne odstupňovanie. Na riedenie rozpráškovaného preparátu sa použil spektrálne čistý uhľikový prach Ringsdorf RW-B, nosnou elektródou bol uhľik RW-I, tvárnená elektróda č. 5 a za protielektródu sa použila RW-I tvárnená elektróda č. 9. Jednotlivé vzorky sa odiskrovali v štyroch etapách, a to pri 7 A — 30 sec, 12 A — 20 sec, 12 A — 40 sec a 14 A — 60 sec, pri poslednej expozícii sa vzorka spravidla totálne splynula.

Výsledky

Urobili sa dve analýzy granatických andezitov a štyri analýzy granátov, a to po dvoch z každej lokality, aby sa kontrolovala homogenita vzoriek, pochádzajúcich z jednotlivých separácií. Vzorky 3 a 5 sa analyzovali aj chemicky.

III. Diskusia o funkcii vedľajších a stopových prvkov

Väčšina zistených vedľajších a stopových komponentov vstupuje do granátov vo forme izomorfnej prímiesi. Tak Cr^{3+} (0,64 Å) izomorfne zastupuje Al^{3+} (0,57 Å); Zn^{2+} (0,83 Å), Ni^{2+} (0,78 Å), Co^{2+} (0,82 Å) zastupujú veľmi pravdepodobne Fe^{2+} (0,83 Å); V^{4+} (0,61 Å) je schopný heterovalentne zastupovať Al^{3+} ; Ti^{4+} (0,64 Å) je čiastočne viazaný na heterogénny magnetit a zvyšujúca

Tabuľka 9. Výsledky kvalitatívnych spektrálnych analýz granatických andezitov a granátov

Por. č.	Hlavné komponenty			Vedľajšie komponenty			Stopové komponenty	
1	Si, Al	Ca, Fe	Na, K	Mn, Ti	Ba, Sr	Cu, Ni, V, Zn	Zr, Co, Ga	Cr, Pb
2	Si, Al	Ca, Fe	Na, K	Mn, Ti	Ba, Sr	Cu, Ni, V	Zr, Co, Ga	Pb
3	Si, Fe	Al	Ca, Mg	Mn, Na, K	Pb, Cr, Ti	Ni, Cu	Co, Zn, Zr	In, V, Y?
4	Si, Fe	Al	Ca, Mg	Mn, Na, K	Pb, Cr, Ti	Cu	Zn	Co, W, Ni, Sb, In?
5	Si, Fe	Al	Ca, Mg	Mn, Na, K	Pb, Cr, Ti	Ni, Cu	Co, Zn	V, In?, Y?
6	Si, Fe	Al	Ca, Mg	Mn, Na, K	Pb, Cr, Ti	Ni, Cu	Co, Zn	V, Sb, In?, Y?
Konc. oblasť ca: 100—1 %				1— $\frac{1}{100}$ %			$\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{10\,000}$ %	

1 — Granatický andezit z Burzova

2 — Granatický andezit z Pomjasla

3 — Granát z Burzova — prvá separácia

4 — Granát z Burzova — druhá separácia

5 — Granát z Pomjasla — prvá separácia

6 — Granát z Pomjasla — druhá separácia

časť pravdepodobne zastupuje izomorfne Al^{3+} v granatických komponentoch. Časť Na a K je viazaná na uzavreniny plagioklasov, zvyšok je asi viazaný na iné nezistené heterogénne znečisteniny. Izomorfné zastúpenie Na v opisovaných granátoch je málo pravdepodobné pre nízky obsah Ti. Podľa Winklera (1955) je totiž Na^{1+} spolu s Ti^{4+} schopný izomorfne zastupovať Ca^{2+} a Fe^{3+} . Číselné údaje v hranatých zátvorkách sú iónové polomery podľa Szadeczky-Kardosa (1955). Zr stanovený v jednej analýze je zrejme viazaný na zistené uzavreniny zirkónu v granáte. Stopové prítomné Pb, Cu a Sb sú asi viazané na heterogénne submikroskopické prímеси minerálov týchto prvkov, pretože izomorfia so základnými prvkami v granátoch je pre značne odlišné iónové polomery nepravdepodobná. In a Y neboli ani v jednej analýze bezpečne dokázané. Zastúpenie stopových prvkov v granátoch z oboch lokalít je prakticky zhodné, čo svedčí o tom, že ich genéza je rovnaká.

D. Fyzikálne vlastnosti granátov

Pre jednoznačné definovanie granátov nestačí mikroskopické pozorovanie a chemická analýza, a preto sa prišlo na stanovenie fyzikálnych konštánt, a to: indexu lomu — n_D —, špecifickej váhy — ρ —, medzirovinných vzdialeností — d — a mriežkovej konštanty — a_0 —. Zmerané fyzikálne konštanty sa porovnali s teoretickými, odvodenými od chemickej analýzy a údajov z literatúry o fyzikálnych konštantách pre základné (čisté — synteticky pripravené) granátové komponenty. Diferencie medzi meranými fyzikálnymi konštantami a údajmi

prevzatými z literatúry pre almandíny z rôznych lokalít sa vysvetlili práve výpočtom teoretických hodnôt, čím sa analyzované granáty jednoznačne definovali.

Pretože almandínu z lokality Pomjaslo bolo možné separovať iba menšie množstvo, ktoré stačilo len na chemickú, spektrálnu a difrakčnú analýzu, nemohli sa zmerať ostatné konštanty.

Pre porovnanie v stati o difrakcii X-lúčov sa zmerali ešte aj medzirovinné vzdialenosti a mriežková konštanta pre almandín z Dol. Brezín (taktiež granát z andezitov — Kremnicko-Štiavnické rudohorie).

I. Stanovenie indexu lomu¹

Experimentálna časť

Index lomu sa zmeral pri almandíne z Burzova. Použila sa metóda minimálnej deviácie. Z granátu sa vybrúsili dva hranolčeky o dĺžke hrany ca 1 mm. Postupovalo sa podľa spôsobu opisovaného *N o v á č k o m* (1931). Hrubé brúsenie sa urobilo pomocou karborundového prášku o priemernej veľkosti zrna ca $3\ \mu$ a doleštenie práškom kysličníka hlinitého. Získané hranolčeky sa celuloidovým lepidlom prichytili na sklené vlákno a pomocou tohto na kovovú tyčku, ktorou sa preparát upevnil do goniometrickej hlavice dvojkruhového odrazového goniometra zn. VEB Freiburger Präzisionsmechanik. Goniometer sa pred vlastným meraním pripravil pomocou optických testov (*G o l d s c h m i d t* 1934).

Výsledky

Na každom hranolčeku sa vykonalo desať meraní, pri ktorých sa deviačný uhol meral použitím sodíkového svetla (*N a* výbojka) $\lambda_D = 5893\ \text{\AA}$. Z každej sady desiatich meraní sa vypočítal aritmeticky priemer a bežným spôsobom sa našla jeho pravdepodobná chyba (*H o r á k* 1937). Výsledky sú tieto:

$$\begin{aligned} \text{I. } n_D &= 1,8032 \pm 0,0002 \\ \text{II. } n_D &= 1,8033 \pm 0,0002 \end{aligned}$$

Zhoda oboch výsledkov nám ukazuje homogenitu skúmaného materiálu.

Ak však porovnáme uvedené výsledky s hodnotou vypočítanou zo známeho chemického zloženia z indexov lomu základných granátových zložiek (*S k i n n e r* 1956) $n_D = 1,824$, vidíme, že obe hodnoty sa líšia ca o 1 %. Tento rozdiel je pomerne značný a možno ho vysvetliť aj tým, že materiál vzatý na chemickú analýzu nebol presne totožný — vplyvom rôznych uzavrenín a inhomogenít — s materiálom, na ktorom sa merali indexy lomu. Pre granát z Pomjasla sa vypočítala obdobným spôsobom teoretická hodnota indexu lomu, pričom sme dostali

¹ Túto stať spracoval inž. *Ď u r o v i č*.

Por. čís.	Karta ASTM II-2149		Granát z Burzova				Granát z Pomjaska				Granát z Dol. Brezin				Poznámky
	$d_{\text{tab.}}$ [kX]	$I_{\text{tab.}}$	θ°	d_γ [kX]	I_γ	Δd [kX]	θ°	d_γ [kX]	I_γ	Δd [kX]	θ°	d_γ [kX]	I_γ	Δd [kX]	
1	3,330	0,10	16°12'	3,100	0,20	0,230	16°34'	3,130	0,15	0,200	18°06'	2,870	0,70	0,0100	3
2	2,880	0,50	18°14'	2,855	0,55	0,025	18°25'	2,825	0,45	0,055					1,3
3	2,720	0,10					18°56'	2,750	0,05	0,030					
4	2,580	1,00	20°23'	2,563	1,00	0,017	20°17'	2,575	1,00	0,005	20°36'	2,540	1,00	0,040	2
5	2,460	0,10	21°24'	2,449	0,07	0,010					21°45'	2,410	0,10	0,050	
6	2,350	0,20	22°17'	2,355	0,40	0,005	22°13'	2,360	0,30	0,010	22°24'	2,340	0,50	0,010	
7	2,260	0,20	23°11'	2,268	0,20	0,008	23°22'	2,251	0,25	0,009	23°45'	2,220	0,30	0,040	
8	2,110	0,20	25°12'	2,097	0,35	0,013	23°56'	2,200	0,15	0,090	25°35'	2,067	0,30	0,043	
9	2,040	0,05													x
10	1,872	0,50	28°08'	1,896	0,60	0,024	28°20'	1,886	0,55	0,014	28°33'	1,868	0,30	0,004	x
11	1,824	0,05													x
12	1,665	0,40	32°24'	1,665	0,35	0,000	32°27'	1,662	0,40	0,003	32°30'	1,661	0,30	0,004	1,3
13	1,632	0,05					33°00'	1,639	0,08	0,007					
14	1,600	0,60	33°58'	1,598	0,60	0,002	33°48'	1,604	0,55	0,004	34°00'	1,596	0,50	0,004	x
15	1,570	0,05													
16	1,542	0,80	35°33'	1,535	0,85	0,007	35°21'	1,542	0,75	0,000	35°28'	1,541	0,70	0,001	
17	1,442	0,20	38°15'	1,441	0,30	0,001	38°19'	1,440	0,10	0,002	38°28'	1,437	0,10	0,005	x
18	1,420	0,05													1,3
19	1,370	0,05					40°29'	1,375	0,05	0,005					
20	1,290	0,40	43°54'	1,288	0,40	0,002	43°42'	1,292	0,40	0,002	43°48'	1,290	0,30	0,000	x
21	1,259	0,60	45°14'	1,257	0,55	0,002	45°07'	1,260	0,65	0,001	45°15'	1,257	0,50	0,002	
22	1,240	0,05													
23	1,230	0,40	46°48'	1,224	0,50	0,006	46°38'	1,228	0,45	0,002	46°45'	1,225	0,30	0,005	1,3
24	1,210	0,05					47°40'	1,208	0,10	0,002					3
25	1,165	0,20	49°57'	1,166	0,15	0,001	50°00'	1,165	0,25	0,000					x
26	1,130	0,10													
27	1,071	0,70	56°15'	1,073	0,75	0,002	56°23'	1,072	0,80	0,001	56°30'	1,071	0,70	0,000	
28	1,053	0,60	58°05'	1,052	0,55	0,001	58°00'	1,054	0,70	0,001	58°01'	1,0526	0,60	0,0004	
29	1,020	0,60	61°05'	1,019	0,70	0,001	61°06'	1,019	0,85	0,001	61°07'	1,0196	0,50	0,0004	
30	0,961	0,20	68°06'	0,962	0,35	0,001	68°04'	0,962	0,30	0,001	68°04'	0,9623	0,20	0,0013	
31	0,948	0,20	70°11'	0,949	0,30	0,001	70°06'	0,949	0,25	0,001	70°04'	0,9490	0,10	0,0010	
32	0,936	0,60	72°21'	0,9365	0,75	0,0005	72°19'	0,9370	0,80	0,001	72°18'	0,9370	0,70	0,0010	

$d_{\text{tab.}}$ — medziorovinná vzdialenosť z tabuliek ASTM. — d_γ — medziorovinná vzdialenosť vypočítaná z difrakčných snímok. — Δd — diferencia medzi tabulkovou a meranou hodnotou medziorovinné vzdialenosti. — $I_{\text{tab.}}$ — intenzita difrakčnej čiar z tabuliek ASTM, vyjadrená systémom HRF. — I_γ — intenzita difrakčnej čiar, nameraná na jednotlivých difrakčných snímkach. — θ° — difrakčný uhol. — 1 — čiara, ktorá sa neprejavila na difrakčnej snímke granátu z Burzova. — 2 — čiara, ktorá sa neprejavila na difrakčnej snímke granátu z Pomjaska. — 3 — čiara, ktorá sa neprejavila na difrakčnej snímke granátu z Dol. Brezin. — x — čiara, ktorá sa neprejavila ani na jednej difrakčnej snímke.

pre $n_D = 1,817$. Hejtmann—Konta (1953) na základe materiálu z literatúry uvádzajú, že index lomu almandínu kolíše od 1,78 po 1,83.

II. Identifikácia a stanovenie mriežkovej konštanty pomocou difrakcie X-lúčov

Experimentálna časť

Difrakčné záznamy X-lúčov sa robili na prístroji Mikrometa—Chirana práškovou metódou (Debye—Scherer—Hull). Pracovalo sa so žiarením Co antikatódy ($\lambda_{K\alpha 1} = 1,7853$ kX) filtrovaným železným filtrom na odfiltrovanie $K\beta$ žiarenia. Používali sa cylindrické komôrky Chirana o $\varnothing$ 64,1 mm s clonou o $\varnothing$ 0,5 mm, expozičná doba bola 2 hod. 30 min. a komôrky o $\varnothing$ 114,7 mm s clonou o $\varnothing$ 1 mm, kedy expozičná doba bola 8 hod. Ostatné pracovné podmienky, a to napätie 23 kV a intenzita 32 mA boli zachovávané počas snímkovania na konštantnej hodnote. Poloha filmu v komôrke o $\varnothing$ 64,1 mm bola normálna, v komôrke o $\varnothing$ 114,7 mm asymetrická. Teplota v komôrke bola kontrolovaná zvonku a počas snímkovania sa pohybovala medzi 22—24 °C. Práškový preparát bol nalepený na sklené vlákno, samostatne nevykazujúce difrakciu. Na registráciu difrakčných záznamov sa používal film Agfa-Laue. Snímky sa vyvolávali vo vývojke Agfa 30 presne 6 min. pri teplote $18,0 \pm 0,5$ °C.

Výsledky

Príslušnosť analyzovaného minerálu ku skupine granátov sa potvrdila porovnaním hodnôt medzirovinových vzdialeností s tabuľkovými údajmi kartotéky difrakčných dát ASTM (1944). Tieto hodnoty — d — sa vypočítali z nameraných hodnôt difrakčných uhlov — ϑ — použitím Braggovho vzťahu, po prepočítaní lineárnej vzdialenosti korešpondujúcich čiar na uhlovú mieru. Na urýchlenie výpočtu použili sa prevodové tabuľky Tolkachevove (1955). Presnosť odmeriavania vzdialenosti korešpondujúcich čiar bola $\pm 0,1$ mm. Intenzita čiar bola meraná registračným mikrofotometrom Khol-F II, výrobok: Keramos, n. p., registrujúcim absolútne hodnoty černenia kompenzačnou metódou. Za intenzity černenia čiar považovali sa výšky maxim na mikrofotometrických registračných záznamoch meraných od pozadia. Intenzity udávané v tabuľkách sa vyjadrili pomerom I_i/I_0 ako to vyžaduje metóda Hanawaltova (1938), ďalej len systém HRF. Výsledky meraní sú porovnané s údajmi literatúry v tab. 15. V tejto tabuľke difrakčné údaje všetkých troch granátov vykazujú uspokojivú zhodu s difrakčnými údajmi zaznamenanými na karte II-2149 kartotéky ASTM, na ktorej sú údaje o granáte — almandíne.

Pre stanovenie presnej identity a pre ďalšie výpočty zo snímok zhotovených v komôrke o $\varnothing$ 114,7 mm bola vypočítaná mriežková konštanta. Výpočet sa robil takto: vopred sa polohy difrakčných uhlov — ϑ — korigovali metódou

T a b u l k a 11. Výpočet mriežkovej konštanty

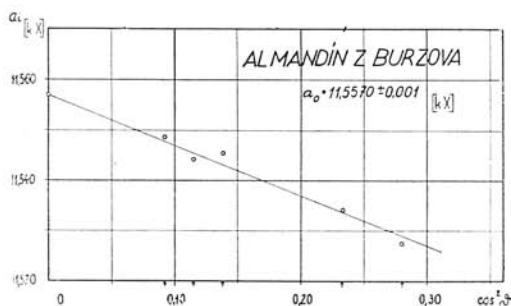
Por. čís.	(hkl)	Pomjaslo		Burzovo		Dol. Breziny	
		ϑ°	a_i [k X]	ϑ°	a_i [k X]	ϑ°	a_i [k X]
1 (28)	10.4.2	58°00'	11,5310	58°05'	11,5275	58°01'	11,5300
2 (29)	8 8 0	61°06'	11,5355	61°08'	11,5340	61°07'	11,5360
3 (30)	8 8 4	68°04'	11,5485	68°06'	11,5452	68°04'	11,5485
4 (31)	12.2.0	70°06'	11,5470	70°11'	11,5442	70°04'	11,5520
5 (32)	10.6.4	72°19'	11,5510	72°21'	11,5482	72°18'	11,5517

a_i — jednotlivé hodnoty mriežkových konštánt.

T a b u l k a 12. Chemické analýzy porovnávaných granátov — almandínov

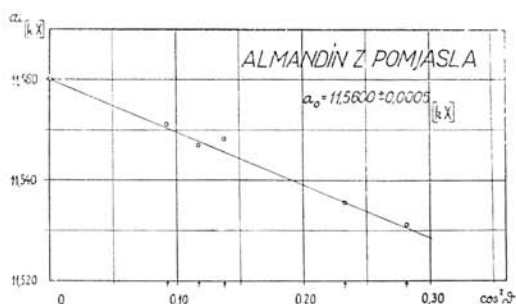
Kyslíčniky	Burzovo	Pomjaslo	ASTM II-2149	Falun	Engsö
SiO ₂	36,65	37,20	43,10	39,66	40,60
Al ₂ O ₃	19,55	20,20	19,50	19,66	19,95
Fe ₂ O ₃	1,31	1,16	2,28		
FeO	34,50	32,55	25,31	39,68	33,93
MnO	0,82	1,63	1,46	1,80	6,69
MgO	1,70	1,96	4,34		
CaO	2,00	2,59	4,16		

W y c k o f f o v o u (1921, 1922) a potom sa oindexovali čiary použitím „indexovacieho grafu“ — závislosť $d = f(a)$ — ako to uvádza B u e r g e r (1942). Dosiahlo sa vyhovujúce oindexovanie pre väčšinu čiar s výnimkou odбору blízkeho $\vartheta \leq 90^\circ$, kde sú už priamky na grafe tak nahustené, že sa už nedá jednoznačne rozhodnúť o príslušnosti toho ktorého symbolu (hkl). Indexovanie umožnilo podľa pravidelného vyhasínania vysloviť tvrdenie, že analyzovaný minerál



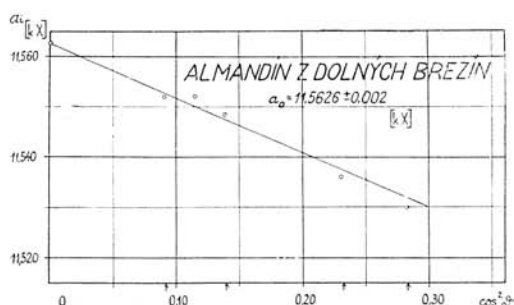
Obr. 7. Stanovenie mriežkovej konštanty almandínu z Burzova extrapolačnou metódou.

kryštalizuje v kubickej sústave s typom mriežky I. (Pri granáte je to priestorová grupa Ia 3d.) Použitím hodnôt — dostatočne jednoznačne oindexovaných čiar (444), (640), (642), (800), (840), (842) vypočítala sa približná hodnota mriežkovej konštanty. Aritmetický priemer z týchto šiestich meraní bol 11,54



Obr. 8. Stanovenie mriežkovej konštanty almandínu z Pomjasla extrapolačnou metódou.

$\pm 0,03$ kX, pre všetky tri analyzované almandíny. Pri ďalšom výpočte presnej hodnoty mriežkovej konštanty sa postupovalo metódou odporúčanou Klugom—Alexandrom (1954). Táto umožnila oindexovať ostávajúce čiary



Obr. 9. Stanovenie mriežkovej konštanty almandínu z Dolných Brezín extrapolačnou metódou.

(10. 4. 2), (880), (884), (12. 2. 0) a (10. 6. 4), z ktorých sa postupne vypočítali jednotlivé mriežkové konštanty — a_i — a výsledná hodnota mriežkovej konštanty sa získala extrapoláciou podľa Bradleya—Jaya (1932). Výsledky sú v tab. 10, 11 a na obr. 7, 8 a 9.

Diskusia

Správnosť indexovania difrakčných čiar sa potvrdila porovnaním nameraných intenzít s údajmi Menzera (1929). Takéto porovnanie je opodstatnené tým, že chemické zloženie porovnávaných almandínov je značne podobné (tab. 12).

Tabuľka 13. Porovnanie intenzít difrakčných čiar

hkl	Falun		Engsö		Burzovo	Pomjaslo
	I_e	I_{odh}	I_e	I_{odh}	I_m	I_m
961 (10.4.2)	0,1 1,8	2,2	0,2 0,5	2,2 [0,9]	0,55	0,70
873 963 (880)	0,1 0,5 0,9	1,8	0,0 0,3 0,6	1,8 [0,8]	0,70	0,85
970 882 776			0,2 0,3 0,0			
866 875 10.6.2	0,0 0,1 0,02		0,0 0,0 0,0			
965 (884)	0,02 0,3	1,0	0,0 0,3	1,0 [0,5]	0,35	0,30
974 (12.2.0)	0,2 1,3	1,2	0,0 0,6	1,2 [0,6]	0,30	0,25
10.5.5 (10.6.4)	0,0 1,4	2,5	0,5 2,0	2,3 [0,9]	0,75	0,80

V tejto tabuľke je na porovnanie uvedená aj chemická analýza granátových zložiek z karty II-2149 kartotéky ASTM. Porovnanie intenzity difrakčných čiar je v tab. 21.

Pri tejto tabuľke je dôležité vysvetliť, akým spôsobom sa porovnali intenzity. Ťažkosť bola v tom, že Menzer odhadoval na difrakčných snímkach, ktoré zhotovil, intenzity tak, že najslabšiu jasne viditeľnú čiaru (?) označil intenzitným stupňom — 1 —, čiary intenzívnejšie vyššími číslami a pre slabšie čiary bol nútený použiť stupne až do $\frac{1}{4}$. Neudáva však, v akej miere boli intenzitné stupne úmerné černeniu difrakčných čiar na filme. Preto pre porovnanie Menzerom odhadnutých intenzít intenzitný stupeň 1 bol stotožnený so stredne intenzívnou čiarou ($I_i/I_0 = 0,5$) a tomu úmerne boli potom druhé odhadnuté intenzity prepočítané na jednotky, ako to vyžaduje systém HRF (údaje v hranatých zátvorkách v tab. 13). Zhoda v intenzitách nie je úplná, ale aritmetický priemer diferencií je menší než 20 %, čo je pri štrukturálnych analýzach prípustné. Podstatný výsledok je však v tom, že ani jedna z čiar, ktoré sa pre nízku intenzitu neprejavili na Menzerových difrakčných snímkach, neprejavila sa ani pri analyzovaných almandínoch z Burzova, Pomjasla a Dol. Brezín, čím sa práve najlepšie potvrdzuje správnosť indexovania.

Výsledky merania mriežkovej konštanty metódou Bradley—Jayovej extra-

polácie sa udávajú s príslušnou pravdepodobnou chybou — δa —, ktorá sa sta-

novila tak, že za hodnotu — a_i — pre výpočet podľa vzorca $\delta a = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta a_i}{3n | n - 1 |}$ (H o r á k 1947) sa považovala diferencia medzi jednotlivými hodnotami — a_i — a extrapolačnou priamkou v príslušnom bode $\cos^2 \vartheta$. Hodnota pravdepodobnej chyby merania pri jednotlivých granátoch bola medzi 0,0005 až 0,002 kX, čo je 0,004 až 0,02 % z výsledku.

Okrem presnosti bolo treba presvedčiť sa ešte aj o správnosti extrapolácie. Urobilo sa to tým, že z tých istých difrakčných snímok, z ktorých sa vymeriavali difrakčné uhly pre analyzované granáty, urobilo sa po zmeraní difrakčných uhlov vnútorného štandardu, ktorým bol NaCl p. a. výrobok firmy Merck, stanovenie mriežkovej konštanty taktiež extrapolačnou metódou. Výsledok stanovenia mriežkovej konštanty NaCl súhlasil s údajmi literatúry tak, ako to uvádza pri svojom porovnávaní F r o n d e l (1955).

Pri porovnávaní nameraných mriežkových konštánt s údajmi literatúry bolo treba vziať do úvahy aj fakt, že najnovšie prístupné údaje (D o n n a y—N o w a c k i 1955) sú prevzaté zo staršieho, už predtým spomenutého prameňa (M e n z e r 1929), kedy ešte nebola známa B r a d l e y—J a y o v a (1932) extrapolačná metóda. Mriežková konštantá tak v práci Menzerovej, ako aj N o v á č k o v e j (1931) bola stanovená ako aritmetický stred z jednotlivých

T a b u l k a 14. Výsledky stanovenia mriežkových konštánt granátov z Burzova, Pomjasla a Dol. Brezín

Mriežková konštantá — spôsob stanovenia	Burzovo	Pomjaslo	Dol. Breziny
Extrapoláčna metóda	11,5570 ± 0,001	11,5600 ± 0,0005	11,5625 ± 0,002
— $a - v$ [kX]			
— $a - v$ [Å]	11,5801	11,5831	11,5853
aritmetický priemer	11,5460 ± 0,001	11,5487 ± 0,001	11,5507 ± 0,001
— $a - v$ [kX]			
— $a - v$ [Å]	11,5691	11,5718	11,5738
Falun — $a - v$ [Å]		11,520 ± 0,03	
Engsö — $a - v$ [Å]		11,544 ± 0,02	
Nováček — $a - v$ [kX]	11,550	11,569	11,579
X, XIII, XIV, XII			11,606
— $a - v$ [Å]	11,573	11,592	11,602
			11,629

Údaje o almandínoch z Falunu a Engsö sú prevzaté z publikácie D o n n a y—N o w a c k i (1955), údaje, označené ako Nováček, sú z jeho práce z r. 1931, rímske číslice znamenajú pôvodné autorove označenia vzoriek v citovanej práci.

stanovení (počtom dvoch až troch) na základe nameraných difrakčných uhlov v odbore blízkom $\vartheta \leq 90^\circ$. Preto sú v tab. 14 okrem mriežkovej konštanty získanej extrapoláciou uvedené aj hodnoty získané ako aritmetický stred hodnôt — a_i — difrakčných čiar (884), (12. 2. 0) a (10. 6. 4). Jednotky kX boli pre porovnanie prepočítané na medzinárodné Ångströmove jednotky násobením prevodovým faktorom 1,002 02 (D e t t m a r — K i r c h e r 1956).

III. Stanovenie špecifickej váhy

Špecifická váha almandínu z Burzova bola vopred stanovená informatívne suspenzačnou metódou v roztavenom dusičnane striebornom. Výsledok bol pozitívny, lebo analyzovaný minerál v práve roztavenom dusičnane striebornom pozvoľna klesal ku dnu (B o b r o v n i k 1951), to znamená, že špecifická váha je nad $4,1 \text{ g/cm}^3$. Po izolovaní väčšieho množstva vzorky (ca 1200 mg) z rozdrúzenej horniny špecifická váha bola stanovená pyknometricky (v 10 ml pyknometri) pri teplote $20,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Výsledok bol stanovený ako aritmetický priemer zo šiestich meraní s príslušnou pravdepodobnou chybou (H o r á k 1947) na $3,986 \pm 0,006 \text{ g/cm}^3$. Presné stanovenie špecifickej váhy sa urobilo v Clericiho roztoku — suspenzačnou metódou — pričom špecifická váha roztoku sa kontrolovala refraktometricky (T w e n h o f e l — T y l e r 1941) pri $20,00 \pm 0,01^\circ\text{C}$ za použitia svetla sodíkovej výbojky. Výsledok vypočítaný na základe meraní špecifickej váhy siedmich úlomkov, ktorých homogenita sa kontrolovala pod mikroskopom pre granát z Burzova bol $4,155 \pm 0,005 \text{ g/cm}^3$.

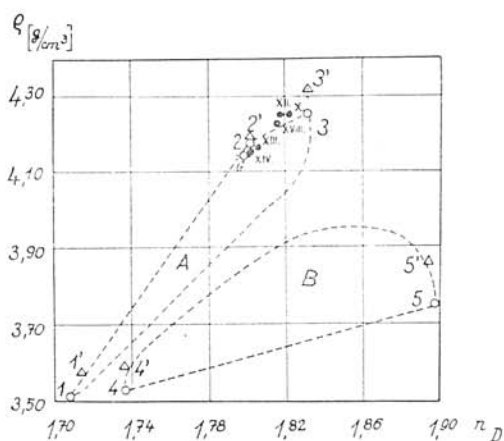
Špecifická váha bola súčasne vypočítaná aj použitím zmeranej hodnoty mriežkovej konštanty a vypočítanej molekulovej váhy bežným spôsobom (S c h l e c h t 1944). Výpočet poskytol tieto hodnoty:

almandín z Burzova	$4,1677 \text{ g/cm}^3$,
almandín z Pomjasla	$4,1483 \text{ g/cm}^3$.

Ako vidieť, najlepšia zhoda teoreticky vypočítaných výsledkov je s experimentálnymi výsledkami suspenzačnej metódy, čo je aj samozrejmé, lebo pri pyknometrickej metóde je oveľa ťažšie vylúčiť vplyv uzavrenín, ktoré v danom prípade najviac skreslili výsledok stanovenia špecifickej váhy pyknometrickou metódou.

IV. Diskusia výsledkov merania fyzikálnych konštánt

Závislosť medzi špecifickou váhou, indexom lomu a mriežkovou konštantou pri granátoch podrobne študoval S t o c k w e l l (1927). Závislosti zobrazil graficky (obr. 10, 11, 12), kde v poli A sú granáty skupiny pyrop + almandín + spesartínovej s príslušnou zložkou grosuláru a andraditu, pokiaľ to dovo-



Obr. 10. Závislost $\rho = f(n_D)$

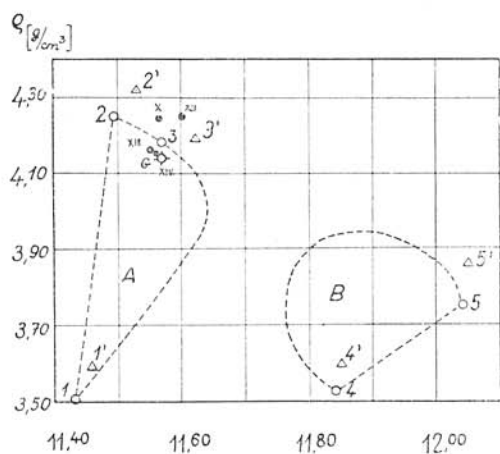
1 — pyrop
2 — almandín
3 — spesartín
4 — grosulár
5 — andradit

údaje podľa Stockwella

1' — pyrop
2' — almandín
3' — spesartín
4' — grosulár
5' — andradit

údaje podľa Skinnera

G almandín z Burzova, X, XII, XIII, XIV,
XVIII almandíny z práce Nováčka.



Obr. 11. Závislost $\rho = f(\Delta)$

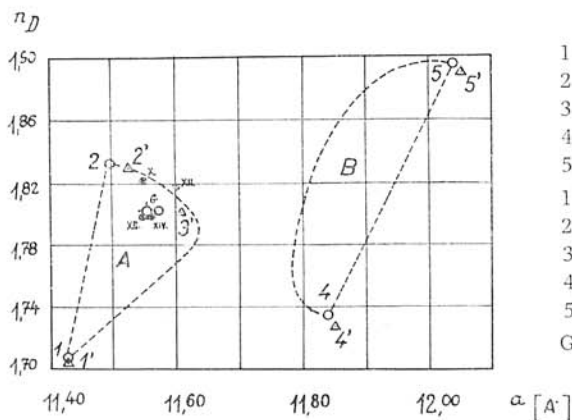
1 — pyrop
2 — almandín
3 — spesartín
4 — grosulár
5 — andradit

údaje podľa Stockwella

1' — pyrop
2' — almandín
3' — spesartín
4' — grosulár
5' — andradit

údaje podľa Skinnera

G almandín z Burzova, X, XII, XIII,
XIV almandíny z práce Nováčka.



Obr. 12. Závislost $n_D = f(\Delta)$

1 — pyrop
2 — almandín
3 — spesartín
4 — grosulár
5 — andradit

údaje podľa Stockwella

1' — pyrop
2' — almandín
3' — spesartín
4' — grosulár
5' — andradit

údaje podľa Skinnera

G almandín z Burzova, X, XII, XIII,
XIV almandíny z práce Nováčka.

luje vzájomná miešateľnosť a v poli B granáty skupiny grosuláru a andraditu taktiež s prípustnou zložkou pyropu + almandínu + spesartínu.

Poloha granátu z Burzova — znak G — na obr. 10 je v tesnej blízkosti almandínu. Vplyv ostatných zložiek je výraznejšie badateľný na obr. 11, 12 kde pyropová zložka posúva granát nižšie ako je bod 2 a andraditová zložka doprava, takže sa analyzovaný almandín dostal do tesnej blízkosti spesartínu, hoci chemická analýza dokázala, že ide o granát s menším obsahom spesartínu než 2 %.

Aby sa výsledky meraní fyzikálnych konštánt mohli interpretovať v súvislosti s údajmi literatúry, vyniesli sa do grafov (obr. 5, a 6) údaje o niektorých almandínoch analyzovaných Nováčkovi (1931). Zmerané hodnoty mriežkových konštánt almandínu z Burzova, Pomjasla a Dol. Brezín sa pohybovali okolo 11,57 Å (a — keď nebude inak uvedené, uvažuje sa vždy hodnota aritmetického priemeru). Táto hodnota je o ca 0,04 Å vyššia než mriežková konštanta čistého almandínu, ktorého $a = 11,526$ Å (Skinner 1956). Zväčšenie mriežkovej konštanty je spôsobené iba v menšej miere prítomnosťou spesartínovou zložkou ($a = 11,62$ Å), hlavne však andraditovou zložkou ($a = 12,05$ Å). Pri granáte z Pomjasla prispieva k zväčšeniu mriežkovej konštanty aj zložka grosulárová ($a = 11,85$ Å). Prítomnosť pyropovej zložky ($a = 11,46$ Å) nevyrovnáva pre malú diferenciu medzi mriežkovými konštantami výsledné zvýšenie.

Vzájomné ovplyvňovanie výslednej hodnoty mriežkovej konštanty almandínov jednotlivými granatickými komponentmi možno študovať na základe údajov z literatúry o tých granátoch, ktorých polohy sú vynesené v obr. 5 a 6. V smere — p — stúpa obsah spesartínu, ale obsah pyropu je zhruba konštantný, obsah grosuláru a andraditu je v granátoch X a XII len o málo menší než pri granátoch z Burzova a Pomjasla. Mriežková konštanta sa však z priemernej hodnoty $a = 11,57$ Å zvýši na 11,60 Å. V smere — s — stúpa obsah pyropu, ale obsah spesartínu je zase zhruba konštantný, kým obsah grosuláru je nepatrný a obsah andraditu je väčší než pri granáte z Burzova a Pomjasla. Mriežková konštanta z priemernej hodnoty $a = 11,57$ Å zvýši sa na 11,59 Å. V tomto prípade zasa obsah pyropu nestačí vyrovnať zvýšenie mriežkovej konštanty vyvolané obsahom andraditu.

Granát z Falunu, ktorého chemické zloženie je najbližšie ideálnemu zloženiu almandínu, skutočne má aj mriežkovú konstantu $a = 11,52$ Å, kým pri granáte z Engsö (ca 6,7 % MnO) je už mriežková konštanta vyššia $a = 11,544$ Å. Keďže však celkom chýba grosulár a andradit, mriežková konštanta je ešte stále nižšia než pri granátoch z Burzova a Pomjasla.

Z uvedeného vyplýva, že celková poloha v tejto práci opisovaných granátov okrem svojej hlavnej zložky — almandínu — je najviac ovplyvnená prítomnou andraditovou (resp. pri ostatných granátoch aj grosulárovou) zložkou. Pri tejto príležitosti treba konštatovať, že grosulárová a andraditová zložka spôsobuje také zmeny fyzikálnych konštánt, podľa ktorých by sa mohli analyzované gra-

náty označiť ako spesartíny, hoci tejto zložky je na základe chemickej analýzy iba ca 2 %. Špecifická váha, index lomu a mriežková konštanta teda v tomto prípade nestačia osve na jednoznačné určenie príslušnosti granátu k tej ktorej hlavnej zložke a aj preto je bezpodmienečne potrebné urobiť chemickú analýzu s presnosťou na dve desatinné miesta, ako to zdôrazňuje i C h a y e s (1953) v prípade hornín. Očakáva sa však, že na základe presnejšieho merania intenzít difrakčných čiar sa umožní robiť takúto klasifikáciu aj bez chemickej analýzy.

Pri porovnávaní meraných hodnôt fyzikálnych konštánt s hodnotami vypočítanými na základe chemickej analýzy sa ukázalo, že Vegardovo pravidlo (E w a n s 1954) platí skutočne len v prvom priblížení. Vypočítané teoretické hodnoty boli totiž vždy o niečo vyššie než namerané, ako je to znázornené v tab. 15, použitím údajov pre almandín z Burzova.

T a b u l k a 15. Porovnanie teoretických a nameraných fyzikálnych konštánt

Fyzikálne konštanty	Teor. hodn.	Mer. hodn.	Diferencia
Mriežková konštanta v [Å]	11,572	11,569	0,003
Špecifická váha v [g/cm ³]	4,223	4,155	0,068
Index lomu pre Na <i>D</i>	1,817	1,803	0,014

Podobný úkaz pozoroval aj R a i t (1946) pri mineráloch spinelovej skupiny.

E. Genéza granátov

O genéze granátov možno povedať toto: Ako vyplýva z mikroskopického výskumu, charakter granátov vyskytujúcich sa v andenzitoch v oblasti Burzova, južne od Zvolena a v oblasti potoka Pomjaslo juhovýchodne od Zvolena, je primárny. Znamená to, že granáty vznikali normálnou kryštalizáciou z taveniny ako porfyrické vyrastlice, a to pomerne už v začiatočnom štádiu kryštalizácie, kedy súčasne prebiehala kryštalizácia menšieho množstva plagioklasov a pyroxénov v malom množstve, ktoré nachádzame uzatvorené v granátoch. Toto je jeden z dôkazov, potvrdzujúci skutočnosť, že granáty, vystupujúce v opisovaných andezitoch, majú pôvod v normálnom vykryštalizovaní z tuhnúcej taveniny. Obdobný názor vyslovil K o c h (1876) pri štúdiu novohradských granatických andezitov.

Nemožno súhlasiť s názorom Z o r k o v s k é h o (1950, 1956) na genézu granátov, ktorý ich vznik dáva do súvisu s autometamorfnou premenou „prebiehajúcou v kryštalizujúcej magme“, pretože autometamorfný pochod ako taký je viazaný na pokryštalizačnú fázu magmy, teda už na „stuhnutú“ taveninu a nie na taveninu počas kryštalizácie.

Naproti tomu granáty, vystupujúce v cudzorodých uzavreninách opisované

F i a l o m (1954) isteže majú svoj pôvod v asimilácii zložky bohatej na Al, čo vyplýva už z toho, že v súvislosti s nimi sú opisované aj asociácie minerálov odlišné od asociácie charakteristickej pre andezity.

Druhým dôkazom, ktorý svedčí pre autormi zastávaný názor na genézu granátov je aj to, že veľmi často pozorovať zatláčanie granátu po jeho vzniku ešte nestuhnutou taveninou, s ktorou sa nachádzal po určitý čas v chemickej rovnováhe. Až neskôršie po porušení tejto rovnováhy došlo k vzniku pomerne úzkeho lemu, zloženého pravdepodobne z pyroxénov, ktoré sa neskôršie pod vplyvom autometamorfnej premeny zmenili na zmes serpentínicko-chloritickú.

Chemicky, ako to vyplýva z urobených chemických analýz a zmeraných fyzikálnych konštánt, granáty sa vyznačujú takmer rovnakým chemizmom, obsahom stopových prvkov a hodnotami mriežkových konštánt, indexov lomu a špecifickej váhy, i keď ide o lokality od seba pomerne značne vzdialené (ca 4 km).

Po mikroskopickom dôkaze, že granáty vznikali ako normálna porfyrická vyrastlica v dôsledku kryštalizácie, vynára sa najpodstatnejšia otázka, v čom hľadať príčinu tvorby granátov v andezitoch, čiže v čom hľadať pôvod materiálu, ktorý umožnil vznik granátov.

Pretože mladé andezity vyskytujúce sa v tejto oblasti pochádzajú veľmi pravdepodobne z jedného magmatického zdroja (K r i s t—K o d ě r a 1956) a výskyt granátov v nich bol zistený len lokálne (často len v určitej časti prúdu, pokrovu, alebo žíl), treba predpokladať i lokálne zmeny chemizmu pôvodnej taveniny. Tieto lokálne zmeny chemizmu boli veľmi pravdepodobne zapríčinené úplným pretavením materiálu, dosť podobného chemického zloženia (lišiaceho sa len zvýšeným obsahom Fe a Mg, viazaného na tmavé minerály), pravdepodobne pochádzajúceho zo spodných častí starších bazickéjších efuzív. Materiál tohto charakteru sa na mnohých miestach zachoval vo forme uzavrenín. Tieto uzavreniny na rozdiel od normálneho andezitu obsahujú silne zvýšené množstvo čadičového amfibolu. Chemicky obsah Fe dosahuje v nich 16,7 % na rozdiel od normálnych andezitov, pri ktorých je obsah Fe ca 7 %. S týmito uzavreninami stretávame sa však i tam, kde andezity granáty neobsahujú. Na základe toho prítomnosť alebo neprítomnosť granátu závisí od množstva a stupňa pretavenia tohto staršieho bazickéjšieho materiálu.

F. Z á v e r

Granatické andezity z oblasti od Burzova a Pomjasla patria k autometamorfickým pyroxenickým andezitom najmladšej erupzívnej fázy. Obsahujú ako podstatné komponenty tieto minerály: pyroxén (hyperstén—augit, prípadne diopsidický augit), plagioklas (andezín—labradorit) a čadičový amfibol; ako akcesorické komponenty vystupujú granát (almandín), apatit, magnetit a zirkón; a nakoniec ako sekundárne minerály vystupujú limonit, chlorit, magnetit a serpentín.

Mikroskopické štúdium dokázalo, že andezity z obidvoch lokalít sú identické. Toto tvrdenie bolo v ďalšom preverené chemickými analýzami a ich petrochemickým zhodnotením.

Granáty sa po izolovaní z rozpojenej horniny chemicky analyzovali. Z chemických analýz vypočítalo sa percentuálne zastúpenie jednotlivých granatických komponentov, racionálny chemický vzorec a molekulová váha. Výsledky ukázali, že ide v obidvoch prípadoch o granát s obsahom almandínu ca 81—85 %. Nebolo však možné granáty na základe percentuálneho zastúpenia jednotlivých granatických komponentov zaradiť do Heritschovho (1927) klasifikačného systému, ba ani do piatej triedy, ktorú dodatočne navrhol Zorkovský (1956). Je to preto, že Heritsch pri zostavovaní klasifikačného systému pre granáty nebral vôbec do úvahy almandíny z andezitov.

Emisnou semikvantitatívnou spektrálnou analýzou okrem dôkazu prítomnosti hlavných komponentov sa stanovilo, že tak kvalitatívne zloženie, ako aj kvantitatívne zastúpenie vedľajších a stopových prvkov v granátoch z obidvoch lokalít bolo zhodné. Podobná zhoda sa ustálila aj v prípade spektrálnych analýz granatických andezitov.

Identita granátov s almandínom sa potvrdila jednak porovnaním medzirovinových vzdialeností, výpočtom mriežkovej konštanty, zmeraním indexu lomu a špecifickej váhy a jednak porovnaním týchto meraných údajov s údajmi vypočítanými na základe známeho chemického, resp. minerálneho zloženia. Ukázalo sa, že Vegardovo pravidlo (Evans 1954) platí len približne, ako sa to už dokázalo pre spinelovú skupinu Raitom (1946). Zmerané a vypočítané fyzikálne konštanty dokázali ešte aj to, že ide o veľmi príbuzné granáty — almandíny.

V tejto práci sa konštatovalo, že ku klasifikácii granátov je zatiaľ potrebné urobiť chemickú analýzu s presnosťou na dve desatinné miesta. Predpokladá sa, že presnejšie meranie intenzít difrakčných čiar v spojitosti s ostatnými fyzikálnymi konštantami umožní robiť mineralogickú klasifikáciu aj bez kvantitatívnej chemickej analýzy.

Podľa genézy, ako to vyplýva z uvedených faktov, možno diskutovať granáty z obidvoch lokalít spoločne. Sú primárne, lebo majú pôvod v normálnom vykryštalizovaní z tuhnúcej taveniny. K obdobnému názoru v prípade novohradských granátov došiel K och (1876). Zatláčanie granátu po jeho vzniku tak tiež dokazuje ich primárny charakter. Vyslovený názor je v rozpore s názorom Zorkovského (1950, 1956), ktorý vznik granátov dáva do súvisu s autometamorfnou premenou „prebiehajúcou v kryštalizujúcej magme“. Pretože v danom prípade sú granáty primárne, nemožno ich vznik dávať do súvisu s autometamorfným pochodom. Naproti tomu je jasné, že granáty z cudzorodých uzavrenín (Fiala 1954) majú pôvod v asimilácii zložky bohatej na Al; veď asociácie minerálov opísané v súvislosti s nimi sú celkom odlišné od asociácií charakteristických pre andezity.

Príčinu tvorby granátu v opisovaných andezitoch treba hľadať v lokálnej zmene chemizmu pôvodnej taveniny zapríčinennej pravdepodobne úplným pretavením materiálu podobného chemického zloženia, pochádzajúceho zo spodných, starších, bázejších efuzív.

Autori záverom považujú za milú povinnosť poďakovať kolegom inž. Slavomilovi Ďurovičovi za diskusiu o riešených problémoch a za zmeranie indexu lomu a laborantovi Jozefovi Franekovi za vykonanie chemických analýz.

*Katedra mineralógie a petrografie
Fakulty geologicko-geografických vied
Univerzity Komenského, Bratislava*

LITERATÚRA — BIBLIOGRAPHIE

- Addink N. W. H., 1950: A rapid and accurate method of measuring line intensities in spectrochemical analysis. *Spectrochim. Acta* 4, 1, 36—42. — Addink N. W. H., Dikho J. A. M., 1955: Ergebnisse von Intensitätsbestimmungen mit der s. p. d. — *Skala. Mikrochim. Acta*, 2—3, 257—264. — ASTM, 1944: Extensive Supplementary Card File of X-Ray Diffraction Data, New York. — Bobrovnik D. P., 1951: O granatach iz kamennougolnych odloženij Lwovskoj muľdy. *Zapiski Vsesoj. Min. Obšč.* 2, 127—131. — Boek'e H. E., Eitel W., 1923: Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie. Berlin, 289—294. — Bradley A. J., Jay A. H., 1932: l. c. v Kochanovska A., 1952: Radiokrystalografie, Bratislava. — Dettmar H. K., Kircher H., 1956: Tabellen zur Auswertung der Röntgendiagramme von Pulvern. Weinheim, S. IV. — Donnay J. D. H., Nowacki W., 1954: Crystal Data. New York. — Evans R. C., 1954: Einführung in die Kristallchemie. Leipzig, 114. — Fiala F., 1933: O súčasnom stave geologického výzkumu Slovenského Stredohoří. *Sborník II. zjazdu čs. geografov*, Bratislava, 86—97. — Fiala F., 1954: Některé uzavřeniny z andezitů Slovenského Stredohoří. *Sborník ÚÚG*, XXI, odd. geol., 1, 120—143. — Frondel C., 1955: A. Precision X-Ray Powder Camera. *Am. Mineral.* 40, 9—10, 876—884. — Gerlach W., Riedl E., 1949: Die Chemische Emissions-Spektralanalyse. III, Leipzig. — Goldschmidt V., 1934: Kursus der Kristallogrammetrie. Berlin, 68—79. — Hanawalt J. D., Rinn H., Frevel L. K., 1938: l. c. Hajdovský V., 1952: Využití Hanawaltovy metody röntgenografické pro identifikaci anorganických sloučenin. *Sborník přednášek SAV, chem. zjazd, Banská Štiavnica*, 223; 1953: Zjednodušené způsoby vyhodnocování Debye—Schererovy pro identifikaci anorganických sloučenin. *Sborník přednášek SAV, chem. zjazd, B. Štiavnica*, 261. — Hejtmán B., Konta J., 1953: Horninotvorné minerály. Praha, 88. — Hejtmán B., 1956: Všeobecná petrografie vyvřelých hornin, Praha. — Heritsch F., 1927: Studien über den Chemismus der Granaten. *Neues Jahr. Min. Geol. Paläont. Jhr.* LX, Beil. B. Abt. A, 60—91. — Horák Z., 1947: Praktická fysika. Praha, 92. — Chayes F., 1953: In defense of the second decimal. *Am. Mineral.* 38, 9—10, 784. — Jaffe H. W., 1951: The role of Y and other minor elements in the garnet group. *Am. Mineral.* 32, 1—2, 133. — Kalinin S. K., Javnel A. A., Alexejeva A. I., Naimark L. E., 1952: Atlas spektralnych linii, Moskva. — Klug H. P., Alexander L. E., 1954: X-Ray Diffraction Procedures. New York, 344—348. — Krist E., Koděra M., 1956: Geologicko-petrografické pomery územia južne od Zvolena a Vigľaša. *Geol. Práce, Zprávy* 9, 28—42. — Koch A., 1876: Geologische Beschaffenheit der am rechten Ufer gelegenen Hälfte der Donaurachyt-Gruppe (St. Andrä-Visegrád, Gebirgsstock) nahe Budapest. *Zeit. deutsch. geol. Ges.* XXVIII, 293—349. — Menzner G., 1929: Die Kristallstruktur der Granate. *Zeit. Kristall.* 69, 300. — Nováček R., 1931: Granáty československých pegmatitů. *Věst. Král. česk. spol.*

nauk, Tr. mat. přírod. věd, práce XXXVIII. — Rait R. J., 1946: An X-Ray Investigation into the Constitution of Chrome Ores. Publ. at the Office of the Iron and Steel Inst. Spec. Report, 32. — Skinner B. J., 1956: Physical properties of endmembers of the garnet group. Am. Mineral. 41, 5—6, 428. — Stockwell C. H., 1927: An X-Ray Study of the Garnet Group., Am. Mineral. 12, 9, 327—344. — Szádeczky-Kardoss E., 1955: Geokémia. Budapest. 19—25. — Schlecht W. G., 1944: Calculation of density from X-Ray data. Am. Mineral. 29, 3—4, 108. — Tolkačev S. S., 1955: Tablicy mezuploskostnyh rasstojanij, Leninograd. — Twenhofel W. H., Tyler S. A., 1941: Methods of Study of Sediments. London. 73—74. — Winkler H. G. F., 1955: Struktur und Eigenschaften der Kristalle. Berlin, 127. — Wyckoff R. W. G., 1921, 1922: l. c. podľa Novák J., 1954: Strukturní krystalografie. Praha 86. — Zorkovský B., 1950: Chemická povaha granátov z granatických andezitov od Tisovca a Šiatoroša. Geolog. Sbor. I, 2—4, 225. — Zorkovský B., 1952: Petrograficko-chemická povaha granatického andezitu od Zahradného (Sedikart) na východnom Slovensku. Geol. sbor. III, 2. — Zorkovský B., 1956: Chemická povaha granátu z granatického andezitu severozápadne od obce Veľký Šariš (východné Slovensko). Geol. sbor. VII, 3—4, 321.

Vysvetlivky k tabuľkám XII—XIV

Tab. XII

Obr. 1. Granatický andezit amfibolicko-pyroxenický, lokalita Burzovo. Vyrastlica granátu. Skutočná veľkosť. — Obr. 2. Živcovo-amfibolická uzavrenina (lokalita juhozápadne od Malej Slatinky) uzatvorená v pyroxenickom andezite. Bielošedé partie sú živce, stĺpčekovité čierne kryštáliky sú čadičové amfiboly značne resorbované a nahradzované oxydickými rudami železa, hlavne magnetitom. Nikoly paralelné, zväčš. 30×. Foto Osvald.

Tab. XIII

Obr. 1. Granatický andezit, lokalita Pomjaslo. Granát nepravidelne políčkovitej štruktúry s vonkajším živcovým lemom (šedá časť) a s vnútorným úzkym lemom chloriticko-serpentinickým (úzka čierna obruba okolo granátu). Nikoly paralelné, zväčš. 13×. — Obr. 2. Granatický andezit, lokalita Pomjaslo. Uzavreniny plagioklasov (biele až šedé kryštáliky). Nikoly zkrížené, zväčš. 13×. Foto Osvald.

Tab. XIV

Obr. 1. Granatický andezit, lokalita Pomjaslo. Zatlačovanie granátu nepravidelnej políčkovitej štruktúry živcovou hmotou. Nikoly paralelné, zväčš. 43×. — Obr. 2. Granatický andezit, lokalita Burzovo. Zirkón — a — uzatvorený v granáte. Nikoly paralelné, zväčš. 220×. Foto Osvald.

M. KODÉRA — E. KRIST — M. MATHERNY

THE CHARACTERISTICS OF GARNETS ORIGINATING FROM THE LOCALITIES OF BURZOVO AND POMJASLO

(Figures 2—12 inserted into the text, and tables XII—XIV)

In the presented paper the garnetic andensites and the garnets — almandines — originating from two localities, namely Burzovo—Pomjaslo (Mountains of Kremnica and Štiavnica) are being described. The garnets are given special attention.

The Petrography of Andesites

The granetic andesites of the said region belong to the autometamorphous pyroxenic andesites of the youngest eruptive phase (K r i s t—K o d ě r a, 1956). From the macroscopic point of view in both cases a deep-grey coloured rock of a doubtless porphyric evolution and fluidal texture is concerned, whereby an alternation of the grey-black and grey-white parts takes place. Following minerals were found to form the substantial components: pyroxene (hypersthene—augite, occasionally diopsidic augite) plagioclase (andesine—labradorite) and basaltic amphiboles. Accessoric components include garnets (almandines), apatite, magnetite and zircon. Secondary minerals are shown to be: limonite, chlorite, magnetite and serpentine. From microscopic investigation it may be stated, that garnets were formed as normal porphyric excrecences during the crystallisation process of the melt and that during further process of rigidity a gradual repression took place. Later a celifitic brim comprising plagioclase and a serpentinic-chloritic mass was formed. The garnets of Pomjaslo are to be found exclusively in the andesite. On the other hand we may find garnets originating from Burzovo even in more leucocratic enclosures, their size amounting from 0,4 to 2,0 inches (i. e. from 10 to 50 mm). From the preceeding it is doubtless, that the andesites described are equal as concerns their value. This affirmation is being supported even by the results of chemical analyses (viz tables 1 and 2 inserted into the text), by their conversion to O s a n o—N i g g l i values (viz table 3 inserted into the text) as well as graphical illustration in differential diagrams (viz fig. 1, 2, 3, in the text).

The chemism of Garnets

After mechanical desaggregation of the rocks, the garnets were isolated. The isolation and homogeneity of the minerals were controlled microscopically. These minerals were submitted to chemical analyses (viz table no. 4 in the text) and to semiquantitative emission spectral analyses (viz table no. 9 in the text). Physical constants were measured too.

From amongst the chemical analyses the mineralogical composition was stated and from that one again the rational chemical formula as well as the molecular weight were deduced. The summary of the conversions, referred to in the tables nos. 5, 6 and 7, are the following:

Chemical Composition			Mineralogical Composition		
Oxides	Garnet from Burzovo	Garnet from Pomjaslo	Minerals	Garnet from Burzovo	Garnet from Pomjaslo
SiO ₂	36,90	37,10	Almandine	85,39	80,98
Al ₂ O ₃	19,60	20,20	Spessartine	1,88	3,71
Fe ₂ O ₃	1,30	1,15	Pyrope	6,86	7,87
FeO	37,65	35,35	Andradite	5,87	3,50
MnO	0,85	1,60	Grossular		3,94
MgO	2,00	2,00			
CaO	1,70	2,60			

The rational chemical formulae are reported on page no 283 in the text. In order to discuss the relation between the chemism and the physical constants, the situations of the analysed garnets are, together with the almandines described by N o v á ě k (1931), pointed out in the diagrams

of mixture-ratios in accordance with Boek-Eitel (1923), as reported of fig. 4 and 5 in the text. By the comparison of the mineralogic composition of the examined garnets with the composition of those originating from amongst the Eastern Slovakian andesites (Zorňovský 1950, 1952, 1956) an important discrepancy arises (viz table 8 in the text). A very interesting fact is to be stated, namely that the almandines examined can be included neither into Heritsch's (1927) system of classification, nor into the fifth category designed supplementarily by Zorňovský with regard to garnets originating from andesites.

We do not seem to be mistaken, if we say that the question of an appropriate system for the classification of garnets originating from andesites stays an open one and that further investigations and research will be required even for the only fact that in designing his classifying system, Heritsch did not take almandines originating from andesites into consideration.

The emission spectral analysis was performed on a medium dispersion spectrograph ISP-22. The samples were unsparked by means of a generator DG-1 in an arch of alternative current, activated by means of a high frequency discharge. Photographical material Foma-Spektro-Blue 220 was used. This material was developed in an Agfa-Final-Feinkorn developer during 12 minutes at a temperature of $18.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$. For the preparation and the unsparking of the samples a spectrally pure carbon powder Ringsdorf RW-B was used and shaped electrodes no. 5 and no. 9, made from carbone rods RW-1 were chosen. The samples were unsparked in four subsequent periods, namely: 30 seconds at 7 A, 20 second at 12 A, 40 second at 12 A and 60 seconds at 14 A. At its last exposition the sample generally was totally gasified.

Besides proving the presence of the main components, the spectral analysis showed that the qualitative composition as well as the quantitative contents of minor elements and of trace elements in the granates from both localities are the same. Such an accordance may be stated even in the garnetic andesites occurring in both localities. In the garnets, „Ti“ is most probably bound in accessoric magnetite, meanwhile the elements Pb, Cu, Sb, and parthy Na and K (besides their presence in the plagioclases) are bound to unidentified (submicroscopic) mineral ingredients. The presence of the remaining elements may be explained by isomorphous substitution of the components forming the garnet, having nearly the same ion radiuses.

Physical Properties of Garnets

For the lack of isolated garnets, the refractive index and the specific gravity could have been measured only on garnets originating from Burzovo. Other data have been stated for garnets originating from both localities. For the scope of comparison data of diffraction of X-Rays and the lattice constant were measured on garnets from the locality of Dolné Brezinky (in the mountains of Kremnica and Štiavnica).

The refractive index was measured by the method of minimal deviation on prisms of about 1 mm in size. Nováček's (1931) procedure was used for that purpose. For measuring the light a natrium discharge-tube ($\lambda_D = 5893 \text{ Å}$) was used. The result was calculated from 10 plus 10 readings taken from two samples with the respective probable error (Horák 1947) of 1.8032 ± 0.0002 .

The readings of X-rays' diffraction were registered on a film Agfa-Laue by means of radiation of a cobalt anticathode, filtered through a Fe-filter applied to the apparatus Mikro-Meta-Chirana. For the calculation a $\lambda_{K_{\alpha 1}} = 1.7853 \text{ kX}$ was taken as a basis. Operating conditions: cylindric chamber with a diameter of 2.5 inches (i. e. 64 mm) and a screen with a diameter of 0.5 mm. Time of exposition: 2 hours and 30 minutes at a normal posture of the film. Cylindric chamber with a diameter of 4.5 inches (i. e. 114.7 mm exactly) and a screen with a diameter of 0.04 inch (i. e. 1 mm). Time of exposition: 8 hours at asymmetrical posture of the film. The normal operating conditions of 23 kV tension and an intensity of 32 mA were kept on a constant

level. The diffraction photographs were developed in an Agfa-30 developer during 6 minutes at a temperature of $18,0^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

The identity of the garnet with the almandine was shown by the comparison of the interplanary spacings with the data of the A. S. T. M. — Diffraction Cards from the year 1944 (viz table 10 inserted into the text). The lattice-constant was calculated from diffraction photographs, performed in a chamber with a diameter of 4,5 inches (u. e. exactly 114,7 mm). The photographs were calibrated on NaCl. Indexing was performed by means of an indexing diagram (Buerger 1942). At first the approximative value of the lattice constant was calculated with $11,54 \pm 0,03 \text{ kX}$. The last lines, where a distinct and definite indexing by the graphical way could not be performed, were used for the calculation of the lattice constant by means of the method recommended by Klug—Alexander (1954). The resulting reading showing the value of the lattice constant was taken from the extrapolation diagrams in accordance with Bradley—Jay (1932) (viz table 11 in the text and figures 6, 7 and 8 in the text).

The correctness of indexing was controlled by the comparison of measured intensities with Menzer's statements (1929), whereas the chemical composition of the garnets compared is very similar if taken from the point of view of analysis (viz tables 12 and 13 in the text). The results of the extrapolation and of the calculations of the lattice constants taken as the arithmetic mean of the last three lines (884) (12.2.0) and (10.6.4) are reproduced with their respective probable error (viz Horák 1947) in table 14, together with bibliographical data on lattice constants of garnets.

The pycnometric method of determination of specific gravity gave a very unprobable result ($\rho = 3,986 \pm 0,006 \text{ g/cm}^3$) which may have its origin in the fact it was not possible to exclude the influence of enclosures. In order to perform exact measurements, one applied the suspension method using Clerici's solution (Twenhofel—Tyler 1941). The result obtained by calculation of the specific gravity of six different fractions gave as an average the value of $4,155 \pm 0,005 \text{ g/cm}^3$.

For the purpose of confrontation of the results obtained by measurements with those, taken from literature, we used Stockwell's (1927) graphical diagrams (viz figures 9, 10 and 11 in the text). From the diagram of ratio $\rho = f(a)$ and $n_D = f(a)$, one can say at the first glance, that the posture of the Burzovian almandine — point G — is much nearer to the spessartine than to the almandine, inspite of the fact, that the garnets contain about 86 percent of almandine and less than 2 percent of spessartine. With the exception of the main component, the posture of the garnet was determined in accordance with the geometrical point of view, on one hand by the contents of pyrope (dopping the point-G-downwards) and on the other hand by the amount of andradite (moving the point G to, the right). From the preceeding it may be clearly deduced that the refractive index, the specific gravity and the lattice constant are not sufficient for an exact mineralogical classification. It is therefore indispensable to have a chemical analysis at one's disposal.

Values obtained by measurements were compared with theoretical values, calculated from Skinner's (1956) data, referring to basic (purely syntetic) garnet components. A comparison showed that Vegard's rule (Evans 1954) refers to garnets only approximately, as all the theoretical values were always somewhat higher than those obtained by real measurements (viz table 15 in the text). A similar phenomenon is being reported by Rait (1946) concerning minerals of the spinell group.

The Genesis of Garnets

Starting from the facts mentioned above one can proceed to a common discussion on garnets, originating from both localities as to question of their genesis. By microscopic examination it has been proved that garnets were primary ones. Their origin is to be found in their normal

crystallization occurring in the melt. A similar phenomenon is being described by Koch (1876) with reference to the garnets of Novohrad. This opinion on the genesis of garnets does, however, not agree with Zorkovský's affirmation, according to which the genesis of garnets is put into connection with the autometamorphous change „occurring in the crystallizing magma“, in the presented case primary garnets are being concerned, it is impossible to put them into connection with any autometamorphous process. On the other hand it seems probable, that garnets coming from strange enclosures (Fiala 1954) have their origin in the assimilation of the component rich in Al just even therefore that the association of minerals described in connection with them is different from the associations characterizing andesites.

The occurrence of garnets was noticed only locally in a certain part of the current, of the roof or of the streak. The cause of their formation must be found in the local change of chemism in the original melt. The young andesites which the discussed area is built from, originate probably from one magmatic source (Kříst-Koděra 1956).

Local changes in the chemism will probably have been caused by entire melting of the material (differing only by increased contents of Fe and Mg, bound to dark particles) showing a similar chemical composition and coming from deeper, older, basic effusions.

*From the Chair of Mineralogy and Petrography
of the Faculty of Geological and Geographical Sciences
of the J. A. Comenius University,
Bratislava*

Translated by H. Schick

Explanatory text to figures 2–12 in the text and to the tables XII–XIV

Fig. 2. K — mg Diagram. 1 — Andesite from the locality Burzovo, 2 — Andesite from the locality Pomjaslo, 3 — Andesite from the locality Tisovec, 4 — Andesite from the locality Veľký Šariš.

Fig. 3. al — alk — c/fm Diagram. 1 — Andesite from the locality Burzovo, 2 — Andesite from the locality Pomjaslo, 3 — Andesite from the locality Tisovec, 4 — Andesite from the locality Veľký Šariš.

Fig. 4. Reproduction of the Chemism in Osana's projection of mutually compared andesites, 1 — Andesites from the locality Burzovo, 2 — Andesites from the locality Pomjaslo, 3 — Andesites from the locality Tisovec, 4 — Andesites from the locality Veľký Šariš.

Fig. 5. Display of analysed and compared garnets in the ternary system. Excision(!) — Pyrope—Almandine—Spessartine. 1 — Almandine from the locality of Burzovo, 2 — Almandine from the locality of Pomjaslo, X, XII, XIII, XVIII, are almandines chosen from Nováček's investigations. The hatched part of the diagram shows the region of mutual penetration of pyrope, almandine and spessartine.

Fig. 6. Display of analyzed and compared garnets in a complex diagram (Section!) of mutual mixture ratios in the group of pyrope+almandine+spessartine with grossular and andradite. 1 — almandine locality Burzovo, 2 — almandine locality Pomjaslo, X, XII, XIII, almandines chosen from Nováček's investigations. The hatched part shows the region in which the grossular and andradite can mix together with the group formed by the following minerals: pyrope+almandine+spessartine.

Fig. 7. Determination of the lattice-constant of almandines (from the locality of Burzovo) by the extrapolation method.

Fig. 8. Determination of the lattice-constant on an almandine from the locality of Pomjaslo, using the extrapolation method.

Fig. 9. Determination of the lattice-constant on an almandine from the locality Dolné Breziny, using the extrapolation method.

Fig. 10. Ratio $\rho = f(n_L)$

1 — Pyrope	Data According to Stockwell	1' — Pyrope	Data According to Skinner
2 — Almandine		2' — Almandine	
3 — Spessartine		3' — Spessartine	
4 — Grossular		4' — Grossular	
5 — Andradite		5' — Andradite	

G — Almandine from the locality of Burzovo, X, XII, XIII, XIV, XVIII — almandines chosen from Nováček's works.

Fig. 11. Ratio $\rho = f(a)$

1 — Pyrope	Data According to Stockwell	1' — Pyrope	Data According to Skinner
2 — Almandine		2' — Almandine	
3 — Spessartine		3' — Spessartine	
4 — Grossular		4' — Grossular	
5 — Andradite		5' — Andradite	

G — Almandine from the locality of Burzovo, X, XII, XIII, XIV, almandines chosen from Nováček's works.

Fig. 12. Ratio $n_D = f(a)$

1 — Pyrope	Data According to Stockwell	1' — Pyrope	Data According to Skinner
2 — Almandine		2' — Almandine	
3 — Spessartine		3' — Spessartine	
4 — Grossular		4' — Grossular	
5 — Andradite		5' — Andradite	

G — Almandine from the locality of Burzovo, X, XII, XIII, XIV, almandines chosen from Nováček's works.

Tab. XII

Fig. 1. Garnetic andesite of amphibole-pyroxenic character, locality Burzovo. Exrescence of garnets. Genuine size. — Fig. 2. Feldspars-amphibolic enclosure (locality South-West of the locality Malá Slatinka) enclosed in a pyroxenic andesite. The whitegrey parts are feldspars, the column-like, black crystals are basaltic amphiboles, considerably resorbed and restituted by oxidic ferreous ores, chiefly by magnetite. Nicols parallel, 30-fold enlargement.

Photo O s v a l d

Tab. XIII

Fig. 1. Garnetic andesite — locality Pomjaslo. The garnet has an irregular spotted structure with an outer feldspars brim (the grey part) and an interior narrow chloritic-serpentinic brim (a narrow black brim surrounding the garnet). Nicols parallel, 13-fold enlargement. — Fig. 2. Garnetic andesite — locality Pomjaslo. Enclosures of plagioclases (white or even grey crystals). Nicols crossed, 13-fold enlargement.

Photo O s v a l d

Tab. XIV

Fig. 1. Garnetic andesite — locality Pomjaslo. Repression of garnets with irregular spotted structure by feldspars material. Nicols parallel, 43-fold enlargement. — Fig. 2. Garnetic andesite (from locality of Burzovo) Zirconium enclosed in a garnet. Nicols parallel, 220-fold enlargement.

Photo O s v a l d

