

ŽULOVÉ PEGMATITY MALÝCH KARPÁT

(Obr. 3, 4 v texte, tab. I—III, ruské a nemecké resumé)

O b s a h: V práci sú opísané jednotlivé žulové pegmatity Malých Karpát, najmä ich textúra a minerálne zloženie. Bolo vyčlenené vcelku 9 paragenetických komplexov (zón), vzniknutých kryštalizáciou, rekryštalizáciou a metasomatickými pochodmi. Na príklade aplitoidnej zóny pegmatitov v rôznych horninách sa poukazuje na vplyv prostredia na charakter tejto zóny (bázicita plagioklasov, desilicifikácia). Optickým výskumom boli konštatované niektoré nové minerály, z Malých Karpát doteraz ešte neopísané (xenotim, pyrochlór, korund) a spektrálnymi analýzami niektoré vzácne prvky (Y, Yb, Ti).

Ú V O D

Pegmatity sú najzložitejšie, svojrázne,
a preto aj najzaujímavejšie žilné te-
lesá. F. Hess (1933).

Veľký technický význam pegmatitov nám v súčasnej dobe kladie za úlohu skúmať tieto horniny, riešiť ich genézu, a to najmä na základe výskumu štruktúrno-paragenetických jednotiek, aby sme spoznali zákonitosti vývinu pegmatitov a mohli usúdiť na možnosti výskytu úžitkových minerálov. Toto zdôraznil aj akademik Gubkin, keď povedal, že najväčší rozkvet prieskumných geologických prác nedá žiadúce výsledky, ak sa nebude opierať o správne teoretické predpoklady.

Detailný výskum ukázal, že pegmatity sú výsledkom zložitých procesov: kryštalizácie, rekryštalizácie, asimilácie, metasomatózy atď. Prílišné zdôraznenie niektorého z týchto pochodov viedlo k vytvoreniu jednostranných teórií o vzniku pegmatitov. Takto jednostranne pegmatitový pochod ponímajú najmä niektorí západní bádatelia. Príkladom môže byť Landessova (1933) teória hydrotermálnej náhrady, Quirkeova a Kremersova (1943) teória, ktorí za príčinu pegmatitových pochodov pova-

žujú len zmenu veľkosti tepelného gradientu a prietokovú rýchlosť pegmatitovej magmy. Oveľa správnejšie cesty volili sovietski vedci, ktorým sa podarilo objaviť objektívne zákonitosti stavby a genézy pegmatitov, a to najmä zásluhou akademika Fersmana, ktorý vo svojom diele *Pegmatity* (1931, 1946) na základe štúdia obsiahleho materiálu konštatoval rad zákonitostí všeobecnej platnosti a podal rozsiahlu, najmä geochemickú analýzu pegmatitov a pegmatitového pochodu. V jeho šľapajách kráča dnes mnoho sovietskych vedcov, ktorí skúmajú jednotlivé pegmatitové polia SSSR a čiastkové problémy stavby a genézy pegmatitov. Nikolajev a Zavarickij skúmali na experimentálnom podklade fyzikálno-chemický obraz pegmatitového pochodu, pričom Zavarickij (1947) zdôvodnil pochody rekryštalizácie a metasomatózy. Nikitin (1950) na príklade pegmatitov Južnej Karélie potvrdil Zavarického teóriu. Beus (1951) sa zaoberal najmä otázkou textúry pegmatitov. Vlasov (1952) zase vypracoval prehľadnú schému klasifikácie pegmatitov, ktorá má všeobecnú platnosť a najmä veľký praktický význam.

Ak chceme pri výskume pegmatitov správne a reálne postupovať, nemožno tú ktorú teóriu preberať dogmaticky, ale treba si uvedomiť, že charakter genézy pegmatitu závisí predovšetkým od geologického prostredia, a preto v rôznych oblastiach sa rôzne uplatňujú rôzne momenty genézy: kryštalizácia, rekryštalizácia, metasomatóza atď. Preto je nevyhnutné detailne sledovať pomery na každom jednotlivom výskyte.

Pegmatity Malých Karpát doteraz neboli skúmané. V súvisi s geologickým výskumom tohto pohoria sa však o nich zmieňujú niekoľkí autori. Kornhuber (1856) hovorí, že granit a ruly sú na nespočetných miestach preniknuté žilami a žilkami mladšieho granitu hrubozrnného s granátmi. Andrian (1864) opisuje najmä ich formu. Po stránke mineralogickej sa stručne o nich zmieňuje Richarz (1908). Zoubek a Koutek (1936) starostlivo zmapovali pegmatity na liste Bratislava (top. sekc.) a vo svojej mapovacej správe ich stručne opísali. Campbell (1950—1952) vo svojich prácach sa na viacerých miestach zmieňuje o pegmatitoch strednej časti Malých Karpát. Úloha detailnejšie preskúmať pegmatity Malých Karpát, ich stavbu a minerálne zloženie, pripadla z poverenia katedry mineralógie a petrografie fakulty geologicko-geografických vied SU mne.

V tejto práci som sa zamerail najmä na tieto problémy:

1. Opis pegmatitových oblastí Malých Karpát.
2. Textúry malokarpatských pegmatitov.
3. Minerálne zloženie pegmatitov.

V ďalšom by bolo aktuálne petrologicky spracovať malokarpatské pegmatity, rozriešiť vzťah pegmatitov k iným žilným telesám, najmä k rud-

ným žilám, študovať geochemiu vzácnych prvkov a na základe toho spoľahlivo zistiť genetické zákonitosti formovania pegmatitov. Nadhodnené otázky budú predmetom ďalšej práce.

I. OKOLITÉ HORNINY PEGMATITOV

Malokarpatské kryštalinikum je tvorené týmito horninami (Zoubek, Koutek 1936, Cambel 1952):

A. Kryštalické bridlice staršieho paleozoika:

1. Fylity, metamorfované droby, ílovité bridlice.
2. Grafitické bridlice ako vložky vo fylitoch a rulách.
3. Svory, biotitické ruly a migmatity.
4. Bázičné eruptíva gabier a gabrodioritov zväčša metamorfované v amfibolity.

B. Vyvreliny (mladšie paleozoikum):

1. Žula s rôznymi svojimi fáciami (dvojsľudná, biotitická, porfýrová, aplitická).
2. Amfibolický, biotiticko-amfibolický a kremitý diorit.
3. Pegmatity a aplity.
4. Žulové mylonity.

C. Perm: droby, drobové zlepenice, arkózy a konglomeráty (s porfýroidmi).

Okolitými horninami pegmatitov sú ruly, amfibolity a žula. Vzhľadom na to, že nemožno správne pochopiť genézu pegmatitov, ako aj príčinu zloženia najmä okrajových zón, bez poznania okolitých hornín, je odôvodnené uviesť aj ich charakteristiku.

Biotitické ruly sú horniny tmavošedej, zvetralé tmavohnedej farby s výraznou paralelnou textúrou zdôraznenou rovnobežným usporiadaním biotitu, ktorý je v rulách v pomerne hustých vrstvičkách. Mikroskopicky v biotitických rulách možno pozorovať kremeň, jednak číry, jednak sfarbený grafitickou substanciou (starší). Živce sú reprezentované najmä oligoklasom silne sericitizovaným. Biotit je spravidla farby tmavohnedej, granát je tiež dosť obvyklý, často je kataklázovaný a hojený druhotným (metamorfickým) kremeňom. Z typických metamorfných minerálov, okrem spomínaného granátu, možno niekedy konštatovať staurolit výraznej sieťkovitej štruktúry. Z akcesórií bol zistený zirkón, apatit a turmalín. Biotitické ruly vznikli kombinovaným účinkom regionálnej a hlbínnej kontaktnej metamorfózy (Cambel 1950).

Amfibolity. Za pôvodný materiál týchto hornín treba považovať gabrá a gabrodiority (Cambel 1952). Tieto v podmienkach epizonál-

ných až katazonálnych boli metamorfované do rôznych stupňov. Minerologicky sú v podstate tvorené a m f i b o l o m, často zmeneným v uralit a iné sekundárne minerály; plagioklas y sú najmä andezíny. Akcesórie: magnetit, titanit, apatit. Sekundárne minerály: kalcit, epidot, chlorit, zoizit, albit, kremeň, prehnit.

Žulový masív zaujíma podstatnú časť kryštalinika Malých Karpát. Sériou kryštalických bridlíc je rozdelený na časť severnú — modranskú a južnú — bratislavskú. Ide o ten istý masív a rozdiely sú zapríčinené hlavne výškovými rozdielmi. Bratislavská časť je totiž vyššou zónou granitového batolitu, čo je dobre dokázateľné aj z celkového charakteru pegmatitov. Žulová intrúzia bola asi koncom varijského vrásnenia (karbón), v čom sa zhoduje viacej geológov, ktorí skúmajú slovenské kryštalinikum (Z o u b e k atď.). R i c h a r z (1908) však granitovú intrúziu považuje za postliasovú, dedukujúc svoj názor zo skutočnosti, že vápence na hainburgskom Schlossbergu sú mramorizované, pričom kde je žula vzdialenejšia, metamorfóza týchto liasových vápencov je slabšia. Definitívne rozriešenie veku žulovej intrúzie si vyžiada ešte ďalšie komplexné výskumy žulového masívu a okolitých hornín.

Makroskopicky možno v bratislavskej žule pozorovať kremeň, živce, biotit a muskovit, kým modranská je biotitická a na základe najnovších výskumov patrí skôr ku granodioritu. Pretože v poslednej sú pegmatity veľmi zriedkavé, budeme si všímať najmä žulu bratislavskú. Mikroskopickým výskumom bol v nej konštatovaný plagioklas — albiklas až oligoklas (An 15—25 %), albit, ortoklas, mikroklín, pričom posledný spravidla prevláda. Kremeň tvorí zrná rôznej veľkosti a často s plagioklasom vytvára myrmekit. Biotit je výrazne pleochroický (γ = tmavohnedý, α = slamovožltý) a veľmi často podlieha sekundárnym premenám, najmä chloritizácii. V tlakove intenzívnejšie namáhaných žulách sú biotity úplne vybielené, pričom po okrajoch sú lemované limonitickou obrubou. Muskovitu je spravidla menej ako biotitu. Akcesórie: Zirkón (najmä v biotite), apatit, rutil, titanit, magnetit. Sekundárne minerály: Sericit, chlorit, klinozoizit, epidot, sagenit a leukoxén. Obsah hlavných súčiastok v niektorých typoch opisovanej žuly je tento:

Minerály	1	2	3	4	Priemer objemových
kremeň	38 %	30,59 %	26,62 %	25,79 %	30,25 %
biotit	6	7,74	9,58	14,92	9,56
plagioklas	26	36,83	44,83	52,56	40,05
draselné živce	28	25,75	16,44	5,77	18,99
myrmekit		1,41		0,40	
muskovit (primárny)	1—2	1,54	1,73		1,10
apatit		0,14	0,16	0,60	0,24

1. Granit z Wolfstahlu (Richarz 1908).
2. Dvojsľudový granit, kyslejší typ, Rösslerov lom pri Bratislave (Zoubek, Koutek 1936).
3. Dvojsľudový granit zo zárezu železnice severovýchodne od zriaďovacieho nádražia Bratislava.
4. Bázickejšia jemnozrnnejšia žula z mestského lomu na Železnej studienke (Zoubek, Koutek 1936).

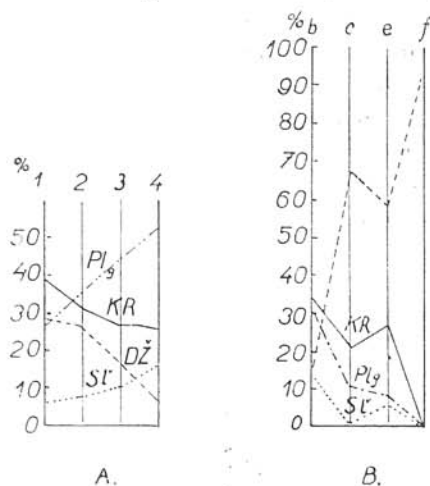
Z planimetrických analýz je nám zrejmé, že s pribúdaním bázicity:

- a) pribúda plagioklas, biotit, apatit;
- b) ubúda draselný živec a kremeň (tab. 1A).

Analýzu Wolfstahlského granitu z pravého brehu Dunaja uvádza W. Pawlica (cit. z Morozewicza 1914):

	váha %	mol. %
SiO ₂	68,48	73,06
P ₂ O ₅	0,15	0,07
Al ₂ O ₃	15,21	9,44
Fe ₂ O ₃	1,63	0,65
FeO	1,34	1,17
MnO	stopy	
CaO	3,74	4,24
MgO	1,03	1,61
K ₂ O	2,88	1,93
Na ₂ O	3,87	3,96
Li ₂ O	1,11	3,87
+ H ₂ O	0,15	
	100,59	100,0

Analýzovaný granit je podobný bratislavskému granitu (kyslejší typ), V bratislavskej žule ešte spektrálnymi analýzami (Železná studienka,



Obr. 3. A — Grafické znázornenie množstva minerálov v bratislavskej žule. B — Grafické znázornenie množstva minerálov z rôznych zón (b—f) pegmatitu v kameňolome pri Lamači. KR — kremeň, Sl — sľuda, Plg — plagioklas, DŽ — draselný živec. Zostavil J. Valach.

Rösslerov lom) boli konštatované: Cu, Ti, Ba, Sr, Pb, Ga, pravda, v nepatrných množstvách.

Záverom treba spomenúť, že žulový masív je veľmi diferencovaný (porfýrová žula, všesmerná hypidiomorfne zrnitá, aplitická, bázickejšia — až granodiorit, kyslejšia). Je tektonickými pochodmi intenzívne porušená, a to až v rôzne druhy mylonitov (kakirity, mylonitové bridlice v zmysle Quenselovom 1919).

Diority sú tiež faciálne značne odlišné. Mineralogicky sú tvorené amfibolom (0—43 %), primárnym a sekundárnym biotitom, plagioklasmi (oligoklas až kyslý andezín). Množstvo kremeňa sa pohybuje od 0 do 22 %. Najhojnejší je kremitý diorit amfibolicko-biotitický.

II. OPIS JEDNOTLIVÝCH PEGMATITOVÝCH ŽÍL

A. Pegmatity v žulách

1. Lamač: žulové pegmatity v žulách v oblasti Lamača sú zaujímavé najmä svojou zonárnosťou (lom Lamač, obr. 4a). Okolitou horninou je dvojsľudná žula. Smer pegmatitov je prevažne severozápadný.

Aplitoidná zóna je pomerne ostro ohraničená v exokontakte, pozvoľnejšie v endokontakte. Jej hlavnými súčiastkami sú draselné živce, mikroklín a ortoklas, plagioklas sú prevažne albiklas (An 10—20 %) v zmysle Winchellovej klasifikácie (1951). Z typomorfných minerálov sa v tejto zóne vyskytujú granát a biotit, ktorý tvorí obyčajne obrubu exokontaktnej časti tejto zóny. Na jednom mieste granátová žilka hrubá 0,5—2 cm prechádza do biotitovej. Žilka je dosť intenzívne postihnutá hypergennými účinkami, pod vplyvom ktorých sa z väzby granátov uvoľnil Mn, ktorý vytvoril typické dendridy. Pri intenzívnych premenách biotit zase vytvára typické pseudomorfózy po granáte, spravidla ho však len obklopuje (kelifitická štruktúra), pričom na styku je výrazná „reaction rims“. Rozrušené granáty sú obyčajne hojené sekundárnym kremeňom. Na základe optického výskumu granáty patria do skupiny pyralspitov. Ich index lomu spravidla neprevyšuje hodnotu 1,82.

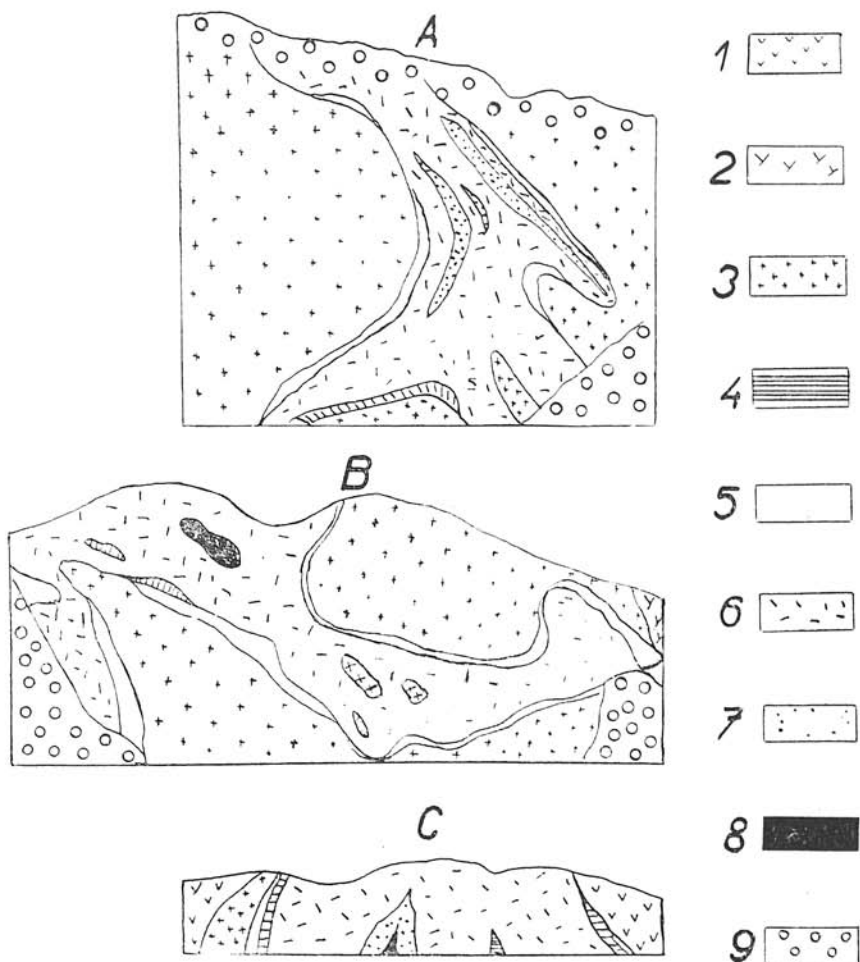
Množstvo minerálov aplitoidnej zóny s biotiticko-granatickou žilkou z lomu v Lamači je takéto:

kremeň	34,47 % objem
draselné živce	10,83 % objem
plagioklas	
(albioklas An 16)	30,62 % objem
sľudy	14,21 % objem
granát	9,87 % objem
	100,00 % objem

Dĺžka meranej línie 867,50 mm, šírka medzi líniami 0,2 mm.

Chemické kvalitatívne zloženie na základe spektrálnej analýzy je takéto:

100—1 ‰	1—1/100 ‰	1/100—1/10000 ‰
Si, Al, Na	Fe, Ca, K, Cu, Ga, Ti, Sr, Mn, Mg, Ba	Pb, Rb, Zr



Obr. 4. A — Prierez pegmatitom v žule v kameňolome pri Lamači. Mer. 1 : 300. B — Prierez pegmatitom (vo smere S—J) v opustenom kameňolome na Kolibe pri Bratislave. Mer. 1 : 300. C — Prierez pegmatitom v rulách záp. oť Lamača. Mer. 1 : 300.

1 — Biotitická rula, 2 — diorit, 3 — žula, 4 — zóna písienkovej žuly, 5 — aplitoidná zóna, 6 — kremenko-živcová zóna, 7 — mikroklinová zóna, 8 — kremenná zóna, 9 — elluvium.

Zostavil J. Valach.

Zóna písmenkového granitu (obr. 1) je tvorená v podstate mikroklinom a kremeňom, pričom je tiež hojný albit, najmä vo forme peritických vyrastlíc. Živcová hmota v priemere tvorí 78 %. Akcesoricky prístupuje najmä muskovit, menej apatit. Pre zistenie kvantitatívneho minerálneho zloženia boli vykonané planimetrické analýzy z vonkajšej (1) a vnútornej (2) časti tejto zóny z lamačského lomu:

	1	2	Priemer 1+2
kremeň	17,98 %	24,17 %	21,07 % objem
mikroklin-pertit	64,32	71,89	68,11
albit.....	17,11	3,60	10,35
muskovit	0,32	0,22	0,27
apatit	0,27	0,12	0,20
	100,00 %	100,00 %	100,00 %

Šírka medzi líniami 0,5 mm, celková dĺžka línie 1—289,74 mm, 2—366,00 mm.

Spektrálna analýza priemernej vzorky písmenkovej žuly z pegmatitu v lamačskom lome, vykonaná V. Kupčom, poskytla tieto výsledky:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 %
Si, Al, K, Na	Ca, Fe, Mn, Cu, Ba, Mg, Pb	Rb, Sr, Ga, Ti, Ni

Písmenková zóna je najmohutnejšie vyvinutá v spodnej časti žily (obr. 4A). Na endokontakte písmenkovej zóny je v spodnej časti žily zóna vejárovitého muskovitu, tvorená v podstate muskovitom a kremeňom. Smerom k centru žily tieto zóny prechádzajú do zóny „e“ — kremeň-živcovosľudovej. Plagioklasy sú albiklasy s priemerným obsahom anortitového komponentu 14—16 %. Ďalej je prítomný mikroklin—pertit, kremeň, obidve sľudy, metasomatický albit a mirmekit. Z akcesórií boli identifikované apatit, spesartín (n=1,81) a skoryl. Zo sekundárnych minerálov: chlorit, sericit, limonit. Planimetrické analýzy z vonkajšej (1) a z vnútornej (2) časti tejto zóny z pegmatitu v lamačskom lome poskytli tieto výsledky (v objemových percentách):

	1	2	Priemer 1+2
kremeň	46,63%	10,50%	27,06%
mikroklin-pertit	31,18	85,23	58,22
albiklasy—albit.....	12,65	4,16	8,40
sľudy	11,22	—	5,61
akcesórie	1,32	0,11	0,71
	100,00%	100,00%	100,00%

Šírka medzi líniami 0,5 mm, dĺžka línie 1—369,04 mm, 2—212,18 mm.

Kvalitatívne chemické zloženie opisovanej zóny je takéto:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 ‰
Si, Al, K, Na	Fe, Ca	Pb, Ga, Cu, Ba, Rb, Sr, Ti, Mn, Mg

Centrálne časti pegmatitu v lamačskom lome sú tvorené giganto-kryštálmi mikroklin-pertitu (zóna „f“). Kvalitatívne chemické zloženie tejto zóny je takéto:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 ‰
Si, Al, K, Na	Ca, Fe, Ba	Pb, Cu, Sr, Ga, V, Rb, Mn, Ti, Mg

Záverom možno konštatovať, že smerom k centru pegmatitu v lamačskom lome rýchlo pribúda mikroklin, ubúdajú plagioklasy a kremeň, pričom množstvo sludy je pomerne priamo úmerné množstvu kremeňa (tab. 1B). Pegmatit v lamačskom lome je dosť intenzívne porušený, čo sa okrem výrazných puklín prejavuje undulovitou kremeňa, sprehybaním slúd a lamiel plagioklasov. Z metasomatických premien bolo možné na základe mikroskopického výskumu konštatovať albitizáciu, menej muskovitizáciu. Tiež časť granátov (pozri opis minerálov) treba považovať za metasomatické.

2. Pegmatity v oblasti Železnej studienky. Okolitou horninou je dvojsľudná žula a tiež jemnozrnná bázickejšia žula. Generálny smer pegmatitových žíl je 15—30° severozápadne. Kontakty týchto pegmatitov sú spravidla ostré. Hlavná hmota je reprezentovaná strednozrnnou až hrubozrnnou, kremeň-živcovo-sľudnou zónou. Veľmi výrazne sa uplatňuje v mnohých žilách metasomatóza, najmä muskovitizácia, albitizácia, ako aj metasomatický vznik granátov (Železná studienka, lom I), vďaka čomu sú tieto pegmatity jednými z najzaujímavejších v oblasti Malých Karpát. Na základe mikroskopického výskumu boli konštatované albitizácie, ktorých bázicita od okraja k centru pegmatitovej žily klesá, mikroklin v pertitickom vývine (najmä „Ve'n perthit“ Andersena), kremeň, muskovit, málo biotitu, ojedinele ortoklas. Akcesórie: apatit, ktorý tvorí zvlášť hojné koncentrácie v endokontakte zóny „e“ v asociácii s mikroklinom (obr. 3), granát nepravidelne rozmiestnený po celej zóne „e“, zirkón, xenotím ($n = 1,81$, $D = 0,95$), ktorý sa vyskytuje v endokontakte aplitoidnej zóny. Vo výbrusoch zo Železnej studienky, lom II, bol konštatovaný aj mikroskopický výskyt pyrochlóru (mikrolit?).

Kvantitatívne zastúpenie jednotlivých minerálov zóny „e“ z pegmatitu na Železnej studienke (lom I) je takéto:

kremeň	26,97% objem
mikroklin-pertit	47,46% objem
alviklas	15,29% objem
muskovit	4,93% objem
pyralspity	4,64% objem
myrmekeit	0,69% objem
100,00% objem	

Šírka línie 0,5 mm, celková dĺžka línie 393,26 mm.

Spektrálne analýzy poskytli takéto výsledky:

Lokalita — názov horniny	100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 %
Železná studienka, lom I — žula	Si, Al, Na	Ca, K, Mg, Mn, Cu, Ti, Ba, Sr	Pb, Ga
Železná studienka, lom I — pegmatit, zóna „e“	Si, Al, K, Na	Ca, Fe, Ba, Mn, Sr	Pb, Cu, Ti, Ga, Rb, Mg
Železná studienka, lom II — pegmatit, zóna „e“	Si, Al, K	Fe, Na, Ca, Mg, Cu, Ti, Ba, Sr, Mn	Pb, Ga, Rb, Sn, V

Pegmatity v žulách v oblasti Železnej studienky majú niekoľko špecifických znakov: 1. Bohaté nerovnomerné anomálne koncentrácie apatitu spravidla v asociácii s mikroklinom.

2. Biotit miestami chýba a vtedy sa v pegmatitoch vyskytujú početné granáty (pyralspity), nepravidelne rozmiestené v celej zóne „e“ (Železná studienka, lom I).

3. Výskyt vzácných minerálov — xenotimu a pyrochlóru.

4. Pomerne intenzívna metasomatóza (vznik mirmekitu, albitizácia, muskovitizácia), čo nás oprávňuje pegmatity tejto oblasti zaradiť ku komplexným v zmysle Landesovom (1953).

5. Pegmatity tejto oblasti sú nezonárne, resp. s jednoduchou zonárnosťou, sú tvorené aplitoidnou a strednozrnnou, kremeň-živcovou zónou.

V lome I na Železnej studienke vystupuje aj silne mylonitizovaný pegmatit, v ktorom je zaujímavá hojnosť grafitickej substancie.

3. Pegmatity v oblasti Karlová Ves—Vydrica. Tieto pegmatity sú väčšinou jednoducho zonárne, resp. nezonárne. V bezprostrednom okolí Karlovej Vsi tvoria nepravidelné malé šošovky zložené v podstate z mikroklinu, kremeňa a alviklasu. Ich charakter, ako aj vzťah k okolitej porfýrovej žule poukazuje na to, že vznikali za podmienok, keď vonkajšie tlaky boli menšie ako vnútorné a tak z pegmatitovej magmy

nevznikol len samý pegmatit, ale pod jej účinkom aj porfýrové vyrastlice draselných živcov v žule.

Iného charakteru sú pegmatity v oblasti Vydrice (obr. 4). V týchto kvantitatívne vysoko prevláda aplitoidná zóna a len miestami v strede pegmatitu je vystriedaná tenkou strednozrnnou, kremeň-živcovou zónou. Často sú v týchto pegmatitoch aj xenolity okolitých hornín, napr. na bratislavskej hradnej skale (obr. 5). Mineralogicky aplitoidná zóna je podobná zónam analogickým už opísaným. Charakteristický pre túto oblasť je však výskyt vejárovitého muskovitu (obr. 6), na endokontakte aplitoidnej zóny. Zóna vejárovitého muskovitu je tvorená v podstate kremeňom a muskovitom. O jej zložení nám podáva obraz planimetrická analýza vzorky z bratislavskej hradnej skaly nad tunelom:

kremeň	53,25% objem
draselné živce	1,84% objem
albiklas	2,12% objem
muskovit	42,79% objem
100,00% objem	

Šírka medzi líniami 0,3 mm, celková dĺžka línie 332,04 mm.

Spektrálna analýza tej istej vzorky:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 %
Si, Al, K	Fe, Na, Mg, Mn, Ga, Li, Ti, Ca, Cu	Sn, Rb, Ba

Analýzy aplitoidnej zóny toho istého pegmatitu sú takéto: planimetrická analýza:

kremeň	45,52% objem
draselné živce	12,75% objem
albiklasy	24,38% objem
muskovit	13,79% objem
granáty	2,77% objem
akcesórie	0,79% objem
100,00% objem	

Šírka medzi líniami 0,2 mm, celková dĺžka línie 769,20 mm.

Spektrálna analýza:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 %
Si, Al, K, Na	Fe, Cu, Ca, Mn, Ga, Ti, Ba, Mg	Pb, Sr, Rb, V, Sn, Zr

4. Pegmatity v oblasti Koliba—Rösslerov lom. Okolitou horninou pegmatitov v tejto oblasti je žula rôznych faciesov a na Kolibe v tesnej blízkosti pegmatitu sa vyskytuje aj diorit. V Rösslerovom lome okolitou horninou je žula dvojsľudná kyslejšia, ktorej charakteristiku podáva uvedená planimetrická a spektrálna analýza:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 %
Si, Al, K, Na	Fe, Ca, Mn, Ba, Mg, Sr, Cu, Ti	Pb, Ga

Prechod žuly do pegmatitov je pomerne ostrý, celkový smer žíl ca 30° severovýchodne. V zonárnych pegmatitoch je na okraji biotitová a aplitoidná zóna, potom strednozrnná až hrubozrnná, kremeň-živcovo-sľudná zóna a miestami v centre žíl je kremenné jadro. Biotit v biotitovej zóne je intenzívne zmenený v chlorit a epidot, resp. vybielený až v muskovit, pričom vznikajú obvyklé sekundárne minerály. Aplitoidná zóna je podobná už opísaným zónam. V zóne „e“ je prítomný kremeň intenzívne kataklázovaný do všetkých stupňov, mikroklín—pertit („String-perthit“ i „Vein-perthit“ v zmysle Andersenovom). Plagioklasy sú väčšinou albiklasy, pričom anortitový komponent nepresahuje spravidla 14 %. Miestami sú hojné aj metasomatické albity. Biotit je výrazne pleochroický s pleochroizmom $\gamma = \beta =$ červenohnedý, $\alpha =$ zelenožltý. Muskovit je troch generácií:

- primárny,
- metasomatický, vzniknutý muskovitizáciou živcov pod vplyvom hydrotermálnych roztokov, ktorý sa daktylicky prerastá s metasomatickým kremeňom,
- hypergénny, vzniknutý jednak vybielením chloritizovaného biotitu, jednak rozkladom plagioklasov. Akcesórie: apatit zirkón — často zmenený až v malakón.

Kremenné jadro je tvorené čírym, ale aj tmavým kremeňom. Bol v ňom konštatovaný aj výskyt monazitu (sháňanie c: $\gamma \doteq 3^\circ$, $D = 0,48$). Spektrálna analýza priemernej vzorky kremenného jadra pegmatitu v Rösslerovom lome je takáto:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 %
Si	Cu, Ti, Al, Fe	Ca, Pb, B, Mg, V

Nezonárne pegmatity sú v podstate zložené zo živcov, najmä

mikroklín-pertitu, kremeňa a biotitu silne zmeneného v chlorit. V jednej pegmatitovej žilke v Rösslerovom lome je červenohnedý, železom sfarbený kremeň, podľa Fersmana a typomorfný minerál pre geofázy C—D (Fersman, 1932).

Pegmatity v oblasti Koliby sú hojné čo do počtu, ťažko ich je však presne vyhraničiť, preto celú túto oblasť možno charakterizovať ako žulu bohatú na pegmatity. Okolitou horninou je dvojsľudná žula a len v oblasti opusteného lomu na Kolibe je okolitou horninou aj diorit. Pegmatit v tomto lome (obr. 4B) je zonárny a jeho vrchná časť bola oderodovaná. Okraje pegmatitu tvorí aplitoidná zóna, ktorej plagioklasy sú bázeickejšie (priemerne 23 % An) ako v iných aplitoidných zónach. Spektrálna analýza tejto zóny je takáto:

100—1 %	1/100—1/1000 %	1/1000—1/10000 %
Si, Al, Na	Mg, Fe, K, Ca, Ti, Ba, Mn, Ga, Cu	B, Sr, Rb, Zr, Pb

Zóna kremeň-živcovo-sľudná („e“) je zložená z kremeňa, mikroklín-pertitu, albiklasu, muskovitu, zirkónu a apatitu. Na okraji je miestami hojný, hrubolupenitý, chloritizovaný biotit. V okolí jeho výskytov je pegmatit akoby vybielený, tvorený takmer výlučne kremeňom a živcami. Smerom k centru pribúda mikroklínu. Písmenkovaná zóna sa vyskytuje nielen na okraji pegmatitu, ale aj v zóne „e“ vo forme reliktov, ktoré sa tam dostali po vykryštalizovaní písmenkového granitu, súc strhnuté pegmatitovými roztokmi. V tejto zóne sú tiež reliktové materskej horniny ostro ohraničené od okolia. Vejárovitý muskovit sa vyskytuje ojedinele v endokontakte zóny „b“. V centre pegmatitu je kremenné jadro. Z metasomatických zón bola konštatovaná albitová, najmä však muskovitová zóna. Ostatné pegmatity v oblasti Koliba—Rösslerov lom sú v podstate podobné už opísaným pegmatitom. Odchýlky sú jedine vo vývine jednotlivých zón. Napr. pegmatit v záreze železnice oproti Štollwerku má až 3 m hrubú aplitoidnú zónu, v iných je na okraji len tenká aplitoidná zóna, vystriedaná zónou kremeň-živcovo-sľudnou, v iných zase dominuje kremeň kremenného jadra.

5. Pegmatity v oblasti Rače a svätajurského Šúru sú väčšinou jednoducho zonárne. Ich charakteristickým rysom je dobre vývinutá biotitová zóna, čo je odôvodnené najmä tým, že sa nachádzajú v tesnej blízkosti rúl. Smerom k centru pegmatitu táto zóna prechádza do aplitoidnej zóny a nakoniec je zóna kremeň-živcovo-sľudná, charakterizovaná väčším množstvom biotitu ako zóny už opísované. Spek-

trálna analýza zóny „e“ z pegmatitu severne od Rače v zázere cesty pri Troch domkoch je takáto:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 %
Si, Al, K, Na	Ba, Ca, Fe, Sr, Cu	Pb, Ga, Mg, Ti, Rb, Mn

Biotitová obruba, typická pre pegmatity tejto oblasti, vznikla v dôsledku asimilácie tmavých komponentov, najmä z rulových, menej z amfibolitických hornín, ktoré sa neskôr vylúčili vo forme biotitu. Hlavným dôkazom toho je ten fakt, že biotitová zóna je jedine v pegmatitoch, vyskytujúcich sa v tesnej blízkosti rúl, resp. amfibolitov. Pri hrubolupenitom biotite, ktorý sa vyskytuje v zóne „e“, treba však sčasti pripustiť aj typickú metasomatickú genézu.

B. Pegmatity v rulách

Pegmatity v rulách sú v podstate trojakého typu:

- výrazne zonárne pegmatity,
- nezonárne pegmatity a kremenné žily,
- migmatitické pegmatity.

a) Výrazne zonárne pegmatity sú spravidla v tesnej blízkosti zonárnych pegmatitov v žulách, pokiaľ na tých miestach boli rulové kry ponorené do žulovej magmy.

Pegmatit v rulách západne od Lamača (obr. 4C) má na okraji biotitovú zónu, potom aplitoidnú, podobnú pegmatitu v lamačskom lome (pozri vpredu) a zónu písmenkového granitu. Zóna kremeň-živcovo-sľudná je tvorená mikroklin-pertitom, albiklasom, biotitom, muskovitom, kremeňom. V okrajových častiach tejto zóny je miestami hojný apatit. Zo sekundárnych minerálov vysoko dominuje chlorit. Zóna mikroklinová je tvorená takmer výlučne „Vein-pertitom“. Čiastočne bola postihnutá muskovitizáciou. Kremenné jadro tvorí žilku asi 40 cm hrubú v strede pegmatitu, pričom tenkými apofýzkami zasahuje aj do ostatných zón, ba aj do okolitej ruly.

Pegmatity v oblasti S v. J u r a, ako napr. v lome pri svätøjurskom Šúre, majú od okraja k centru takýto sled zón: biotitová zóna, aplitoidná zóna, zóna písmenkového granitu, zóna kremeň-živcovo-sľudná a zóna mikroklinová, tvoriaca miestami väčšinu hmoty pegmatitu. Tieto pegmatity majú dva špecifické rysy:

a) biotitová obruba na kontaktoch s rulou a značné množstvo granátov a titanitu v aplitoidnej zóne,

b) výrazná kvantitatívna prevaha mikroklinu. Toto sa dá odôvodniť tým, že Na majú väčšiu migračnú schopnosť migrovalo do okolia a K zostalo prevažne v pegmatite.

Spektrálna analýza zóny písmenkového granitu z pegmatitu v rule v lome pri svätôjurskom Šúre je takáto:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 %
Si, Al, K, Na	Fe, Ca, Ga, Ba, Cu	Pb, Mg, V, Ti, Sr, Rb, Mn

Spektrálna analýza zóny kremeň-živcovo-sľudnej z toho istého pegmatitu:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 %
Si, Al, K, Na	Fe, Cu, Ca, Pb, Ga, Ba	Ti, Sr, Rb, Mn, V, Mg

b) Pegmatity nezonárne, resp. jednoducho zonárne, sú tvorené biotitovou a kremeň-živcovo-sľudnou zónou. Početnými apofýzami zasahujú do okolitých rúl. Ich kontakty s okolím sú ostré. Forma týchto žíl je šošovkovitá. Vyskytujú sa v rulách západne od Sv. Jura a v okolí pezinskej Baby.

Typickými nezonárnymi pegmatitmi sú kremenné žily vzniknuté v záverečných fázach pegmatitového procesu (geofáza E podľa Fersmana a 1931). Na ich súvislosť s pegmatitmi nám jasne poukazuje prítomnosť muskovitu a mikroklinu v týchto žilách. Kremenné pegmatity sú často sfarbené grafitom, ktorý sa dostal do pegmatitu asimiláciou grafitických bridlíc, cez ktoré pegmatitové roztoky miestami mohli prechádzať. Takéto pegmatity sú najmä v oblasti pezinskej Baby.

c) Migmatitické pegmatity sú klasicky vyvinuté v oblasti Sv. Jura, kde pegmatitové injekcie prenikali za vysokých tlakov a teploty do rúl. Pegmatitové injekcie sú jednak aplitové, jednak hrubozrnné, kremeň-živcové a jednak kremenné. Ich minerálne zloženie sa mení v závislosti od vzdialenosti žulového masívu, pričom najbližšie sú kremeň-živcové injekcie. Zložením sú podobné opisovaným pegmatitom, len ako akcesorický minerál, miestami pristupuje sillimanit.

C. Žulové pegmatity v amfibolitoch

V niektorých miestach (Železná studienka), kde žula bohatá na pegmatity zasahuje do tesnej blízkosti amfibolitov, prenikli pegmatity aj do týchto. Tieto pegmatity sú jednoducho zonárne, na okraji s aplitoidnou

zónou, v strede so strednozrnnou, kremeň-živcovou zónou. V aplitoidnej zóne na kontakte s amfibolitom vysoko prevládajú plagioklas, a to nielen albiklas, ale aj bázickejšie — andeziklas a andezín s maximálnym obsahom 46 % anortitového komponentu. Toto oprávňuje aplitoidnú zónu v amfibolitoch nazvať plagioklasovou, najmä keď uvážime, že draselné živce sú zastúpené úplne podradne. V jednej tenkej (6 cm) žilke pegmatitu v amfibolitoch bol konštatovaný korund, vzniknutý zrejme v dôsledku desilicifikácie. Tento pegmatit je tvorený v podstate plagioklasom a korundom, preto ho je správnejšie nazvať plumazitom (Gordon 1921, Fersman 1931, str. 240). Z ostatných minerálov v aplitoidnej zóne bol konštatovaný mikroskopický výskyt ortitu a fluoritu. Spektrálna analýza plagioklasovej zóny z lomu III na Železnej studienke je takáto:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 %
Si, Al, Na	Ca, Fe, Cu, Mn	Sr, Ti, Pb, Ga, Mg, V, Ba

Zóna „e“ je analogického zloženia ako pri opisovaných pegmatitoch.

III. MINERÁLY MALOKARPATSKÝCH PEGMATITOV

Kremeň malokarpatských pegmatitov je v rôznych formách od idiomorfnych zŕn, najmä v aplitoidnej zóne cez drobné nepravidelné zrnká k vyrastliciam na hranici jemnozrnej a hrubozrnej hmoty až k hrubozrnnému a nakoniec k blokovému v centre niektorých pegmatitov. Zrná kremeňa sú kataklázované do rôznych stupňov, od undulosity k rozpadu v indivídua do seba zubovite zaklínené, až k rozdrveniu v jemnozrnný agregát v ostrohranných úlomkoch. Na základe terénneho a laboratórneho štúdia bolo konštatované viac generácií kremeňa v pegmatitoch:

1. Prvá generácia kremeňa je zrejme v aplitoidnej zóne vo forme drobných a nepravidelných zŕn, ktoré smerom k centru sa zväčšujú, zrejme pod vplyvom pneumoagensov pegmatitovej magmy.

2. Ďalšia generácia kremeňa je v písmenkovom granite, vzniknutom buď eutektickou kryštalizáciou alebo metasomaticky (Dembo 1949). Nástého genetického postavenia je kremeň v zóne vejárovitého muskovitu, ktorý však najpravdepodobnejšie vznikol metasomaticky, pretože sa vyskytuje na hranici zón. Zhodná optická orientácia kremeňa a muskovitu však pripúšťa aj možnosť vzniku eutektickou kryštalizáciou.

3. Kremeň v zóne „e“ dosahuje značné rozmery a vznikol najskôr rekryštalizačnými pochodmi.

4. Za fyzikálno-chemických podmienok geofázy E vznikol blokový kre-

meň, ktorý tvorí jadro v niektorých pegmatitoch, resp. pegmatitové kremenné žily.

5. Kremeň metasomatického pôvodu:

a) Kremeň vzniknutý pri myrmekitizácii vznikol zatlačovaním draselného živca kyslým plagioklasom, pričom prebytočný kremeň sa uvoľnil ako „quartz vermiculé“. Podľa Sederholma (1923) proces myrmekitizácie prebieha bez súčinnosti H_2O za teplôt, keď H_2O nevstupuje ešte do reakcie. Podľa Beckeho (1921) je priama úmernosť medzi množstvom myrmekitického kremeňa a anortitovou zložkou plagioklasov. Altgauzen (1936) spomína možnosť vzniku myrmekitického kremeňa pri pelitizácii plagioklasov. Dôkaz pre tento názor som nenašiel.

b) Pri muskovitizácii za súčinnosti H_2O hydrolytickou premenou živcov, vzniká muskovit a kremeň, navzájom vytvárajúc daktylické zrasty. Obdobne môže vznikať aj za nižších teplôt tiež pri sericitizácii živcov. Málo kremeňa vzniká aj pri albitizácii.

Množstvo kremeňa v jednotlivých zónach konštatované planimetrickými analýzami je takéto:

aplítoidná zóna	38,88%
písmenková zóna	21,07%
zóna vejár. musk.	53,25%
zóna kremeň-živcová	27,02%
zóna mikroklinová	0,00%
kremenné jadro takmer	100,00%

Plagioklasy tvoria nepravidelné zrná od mikrorozmerov v aplítoidnej zóne až do zŕn v značných rozmeroch v kremeň-živcovo-sľudnej zóne, v ktorej ich množstvo v objemových percentách je 11,84 %. Spolu previedol som 63 meraní bážicity plagioklasov z rôznych zón a z rôznych pegmatitov, a to jednak podľa uhlov zhášania na rôznych rezoch, jednak podľa indexu lomu, metódou Tsuboi (1923) a Fedorovou metódou. Priemerná bážicita plagioklasov v jednotlivých zónach na základe týchto meraní je takáto:

	Počet meraní	An %	Názov podľa Winchella (1951)
Žula	8	22	oligokit
Aplítoidná zóna v žulách	24	18	albiklas
Aplítoidná zóna v diorite	7	23	oligoklas
Aplítoidná zóna v amfibolitoch	12	40	andezit až andezin
Zóna kremeň-živcovo-sľudná	12	12(9)	albiklas (albit)

Zrasty plagioklasov sú albitové, periklinové a zriedka karlovarské, pričom možno súhlasiť s Masom Goraim (1951), že bážickejšie plagio-

klasy vytvárajú rozmanitejšie zrastlice. V dôsledku tlakových deformácií sú plagioklas často sprehybané, ba niekedy undulózne zhášajú.

Ortoklas vzniká podľa Fersmana (1940) pod teplotou 700° a je prítomný vo všetkých pegmatitoch. Niekedy je v pertitickom vývine.

Mikroklín je kvantitatívne najhojnejším minerálom malokarpatských pegmatitov. Farba mikroklínu je spravidla šedomodrá až čiernošedá, čo je zapríčinené najskôr grafitickými, resp. železitými prímiesami. Väčšinou je vo forme mikroklín-pertitu, pričom treba zdôrazniť, že štruktúrne formy priamoúmerné znižovaniu teploty sú: kryptopertit—mikropertit—pertit. Aplikujúc Andersena (1928) morfológickú klasifikáciu pertitov na pertity opisovaných pegmatitov, môžeme ich zaradiť k týmto typom:

Typ pertitu podľa Andersena	Charakter mikroklínu	Cca % Ab v rastlic	Genéza	Poznámky
Vláknitý, sieťkovitý — „String-pertit“	mriežkovaný alebo nemriežkovaný, jemne zdvojený	10—30 %	rozmiestenie pri vysokých teplotách	v malokarpatských pegmatitoch zriedkavý (obr. 8)
Žilkový — „Vein-pertit“	mriežkovaný alebo jednorodý	10—40 %	ako predošlý čiastočne aj metasomatitický	najčastejší (obr. 9)
Škvŕnitý — „Patch-pertit“	najčastejšie jednorodý, Albit niekedy schachtelalbitizovaný	premenlivo	ako predošlý čiastočne aj metasomatitický	zriedkavý

Pertitové vrastlice vznikli buď exsolučne alebo infiltračne metasomatiticky (Alling 1932). Ich veľkosť smerom k stredu pegmatitu vzrastá a vzhľadom na toto sa dá predpokladať, že pri vzniku pertitov opisovaných pegmatitov smerom k centru žily stále viac sa uplatňuje infiltračná metasomatóza.

Mikroklín podlieha častým zmenám mechanického, ale najmä chemického charakteru. Pri muskovitizácii za súčinnosti plyných agensov, najmä H₂O, hydrolyticky sa mení v muskovit a kremeň, pričom uvoľnené K₂O sa zúčastňuje na ďalších pochodoch.

Na niekoľkých vzorkách mikroklínu boli merané konštanty, a to indexy lomu imerzne a 2 V na Fedorovom stolčeku: $\alpha = 1,521$; $\beta = 1,524$; $\gamma = 1,527$; $D = 0,006$. $2 V = 82—87^\circ$.

Príemerné množstvo mikroklínu, konštatované planimetrickými analýzami v jednotlivých zónach pegmatitov, je takéto:

aplitoïdná zóna	11,79% objem
zóna písmenkového granitu	68,11% objem
zóna kremeň-živcovo-sľudná	57,84% objem
zóna mikroklinová	takmer 100,00% objem.

Biotit. Jeho množstvo v jednotlivých zónach je veľmi kolísavé. Zónu biotitovú tvorí takmer výlučne a v zóne aplitoïdnej, ako aj v kremeň-živcovo-sľudnej, dosahuje len miestami význačnejšie koncentrácie. Vcelku ho však smerom k centru ubúda. Chemické zloženie biotitu podľa Lučického (1940) kolíše v týchto medziach:

SiO ₂	33,1—40,8%
Al ₂ O ₃	12,2—18,8%
FeO + Fe ₂ O ₃	5,8—35,4%
MgO	1,4—23,9%
K ₂ O	6,2—11,4%
H ₂ O	7,7—9,6 %
TiO ₂	0,32—3,84%

Podľa Trögera (Lučický 1940) ako prímiesné zložky sú V₂O₅ (0,03—0,2 %), SrO, BaO spektroskopicky konštatované aj v opisovaných biotitoch. Pleochroizmus je výrazný, spravidla pre γ = červenohnedý, resp. sýtozelený, pre α = zelenožltý. Indexy lomu merané na niekoľkých štiepných lupienkoch sa pohybujú okolo 1,66 až 1,67, z čoho vyplýva, že biotit malokarpatských pegmatitov obsahuje veľmi málo Mg. Niekedy biotit uzatvára zirkón s typickými pleochroickými dvorcíkmi, resp. granát, vytvárajúc s posledným typickú poikilitickú štruktúru (Lamač). Lupienky biotitu sú často sprehybané. Ako sekundárny produkt premeny biotitu najčastejší je chlorit, zriedkavo epidot. Biotit malokarpatských pegmatitov vznikol jednak kryštalizáciou z komponentov pegmatitovej magmy a z komponentov asimilovaných z okolitých rúl, menej amfibolitov, jednak mohol vzniknúť metasomaticky v súvisi s muskovitizáciou, pri ktorej, ako sme spomínali, uvoľňoval sa draslík a tento za predpokladu, že pegmatitové roztoky obsahovali málo Mg a Fe, mohol dať vznik časti hrubolupenitého biotitu po puklinách kremeň-živcovo-sľudnej zóny.

Muskovit v jednotlivých zónach je takéhto pôvodu: V aplitoïdnej ako primárny, v zóne vejárovitého muskovitu vo vejárovitých agregátoch je neistého genetického postavenia a najskôr vznikol metasomaticky (pozri vpredu), v kremeň-živcovo-sľudnej zóne je v hrubozrnnom vývine a treba ho pokladať, vychádzajúc zo Zavarického koncepcie (1947), za výsledok rekryštalizačných pochodov. Najhojnejší je v metasomatickej zóne muskovitovej, kde tvorí lupienky o maximálnej ploche 25 cm² a daktylicky prerastá s kremeňom. V zóne mikroklinovej a kremennej vyskytuje sa len akcesoricky. Na základe meraných konštánt ($2V \doteq 34^\circ$, n na štiepných lupienkoch = 1,64 až 1,65, počet meraní 5) muskovit okrem zóny musko-

vitovej vyhovuje svojim chemizmom ferimuskovitu. (Podľa Winchella 1951, — $2V = 38^\circ$, $n = 1,66$ pri normálnom muskovite). To je odôvodnené jednak tým, že pegmatitové roztoky obsahovali pomerne hodne Fe, jednak tým, že časť muskovitu v prístupných vetraniu a tektonicky porušených partiách pegmatitu vznikla baueritizáciou biotitu. Metasomatický muskovit z muskovitovej zóny (Rösslerov lom) má priemernú hodnotu $2V = 43^\circ$ (12 meraní). Ako sme konštatovali, vybieleniu biotitu predchádzala obyčajne chloritizácia. Časť Fe sa pri vybielení skoncentrovala na okrajoch, resp. medzi lupienkami sludy. To súhlasí s názorom Frondela (1938), že všetko Fe nemusí byť viazané v štruktúrnej mriežke, ale môže byť aj na plochách zrastov, kde je systém „otvorených kanálov“, v ktorých sa nachádzajú tiež kyslíčniky železa.

Muskovit malokarpatských pegmatitov teda vznikol:

1. kryštalizáciou, resp. rekryštalizáciou,
2. hydrolýzou živcov,
3. baueritizáciou biotitu.

Granáty sa vyskytujú najmä v aplitoidnej zóne, ale aj v kremeň-živcovo-sludnej zóne, obyčajne v asociácii so sludami. Granáty v aplitoidnej zóne vznikli najskôr kryštalizáciou v dôsledku očisťovania pegmatitových roztokov od tmavých komponentov. Granáty v zóne „e“ mohli vzniknúť sčasti aj metasomatickými pochodmi, pretože sú v asociácii s metasomatickým muskovitom. Rozrušené granáty sú spravidla hojené kremeňom. Treba zdôrazniť, že granáty zóny „e“ sú nepomerne zachovalejšie ako granáty aplitoidnej zóny. Indexy lomu pri granátoch malokarpatských pegmatitov sa pohybujú od 1,80 do 1,82 (7 meraní). Na základe toho ich môžeme zaradiť do skupiny pyralspitov. Pre objasnenie chemizmu bola vykonaná analýza metasomatických granátov z lamačského lomu:

100—1 %	1—1/100 %	1/100—1/10000 %
Si, Fe, Al, Mn, Mg	Ti, Y, Ca, Yb, Cu	Zr, Ba, Sr, Sc, Mo, Tl, Pb

Zirkón bol konštatovaný najmä v okrajových zónach pegmatitov (napr. v Rösslerovom lome) vo forme idiomorfných kryštálikov, často v asociácii s biotitom, v ktorom sú charakteristické pleochroické dvorčky okolo zirkónu. V malokarpatských pegmatitoch som často pozoroval takmer izotrópne minerály, ktoré však pri detailnejšom výskume javili veľkú príbuznosť k zirkónu. Na základe optických výskumov bolo konštatované, že ide o malaakón, t. j. zirkón obohatený hydratogénne molekulou vody, v dôsledku čoho nadobudol čiastočnú izotrópiu. To súhlasí aj s výskytom

malakónu, ktorý sa nachádza práve v intenzívne porušených pegmatitoch (Rösslerov lom), kým v zachovalejších pegmatitoch som ho vôbec nepozoroval.

Apatit je v malokarpatských pegmatitoch dosť častý a charakteristické preň je to, že je spravidla viazaný na mikroklin, najmä v centrálnejších častiach kremeň-živcovo-sľudnej zóny, kde tvorí niekedy aj význačnejšie koncentrácie (obr. 3). V mikroskope je vo forme malých stĺpcovitých, resp. pátríčkovitých kryštálikov, bezfarebný až zelenkastý s výrazným reliéfom. Niekedy je zonárny.

Rutil je zriedkavou akcesóriou. Po okrajoch je niekedy zmenený v leukoxén.

Titanit môže byť jednak primárny, vzniknutý podľa Fersmana a v geofáze B, jednak sekundárny, vzniknutý z rutilu. Pod mikroskopom je žltý až červenkastý, niekedy slabo pleochroický. Najčastejšie sa vyskytuje v aplitoidnej zóne niektorých pegmatitov v rulách (Sv. Jur).

Z ostatných bežných akcesórií boli konštatované ojedinelé výskyty magnetitu, pyritu a hematitu.

Turmalín bol nájdený v zonárnom pegmatite v Lamači a ojedinele v niektorých pegmatitoch v rulách. V obidvoch prípadoch ide o skoryl. Je nepravidelného obmedzenia a vznikol najskôr za termálnych podmienok Fersmanovej geofázy D. Pokiaľ sa vyskytuje v rulách, najskôr mohol vzniknúť premenou biotitu (Altgausen 1936), pretože je s ním v tesnej asociácii.

Optickým výskumom bolo konštatované viacero akcesorických výskytov vzácnějších minerálov: Ortit bol konštatovaný v aplitoidnej zóne pegmatitov v amfibolitoch a v dioritoch, odkiaľ ho spomína aj Richarz (1908). Fluorit sa vyskytuje ojedinele v aplitoidnej zóne pegmatitov v amfibolitoch v asociácii s kremeňom. V aplitoidnej zóne pegmatitov v žulách (Železná studienka, lom II) bol zistený mikroskopický výskyt pyrochlóru ($\text{Na Ca [Nb, Ta]}_2 \text{O}_6\text{F}$). V prechodiacom svetle je to minerál žltý, reliéf vysoko pozitívny, $n = 1,98$, izotrópny. Vzhľadom na farbu by išlo o odrudu mikrolitu, podľa indexu lomu skôr o hatchetolit s obs. Ti ($n = 1,98$, kým pri mikrolite $n = 1,93$, Winchell 1951). V endokontakte aplitoidnej zóny (Železná studienka, lom I) a v kremennom jadre (Rösslerov lom) bol konštatovaný xenotim. Minerál je farby šedastohnedej s nádychom do červena. Bereckovým kompenzátorom bol zmeraný dvojlom: $D = 0,095$. Okrem tohto minerálu v kremennom jadre na spomínanej lokalite bol zistený monazit. Medzi skriženými nikolmi má vysoké interferenčné farby, zhášanie c: $\gamma = 3^\circ$, $D = 0,48$. Na záver treba zdôrazniť, že naposledy opísaná skupina minerálov bude potrebovať ešte ďalšie hlbšie identifikovanie, spolu aj s ďalšími minerálmi, ktoré pre

nedostatok údajov tu neuvádzam. Najväčšou ťažkosťou je to, že ide o veľmi malé výskyty, pozorovateľné len mikroskopicky, preto okrem mikroskopického výskumu mi nebolo možné iným spôsobom tieto minerály skúmať. Preto uvedené výskyty treba považovať za predbežné.

Korund sa vyskytuje v pegmatitoch, v amfibolitoch, v aplitoidnej (plumazitovej) žilke, kde vznikol zrejme v dôsledku desilicifikácie. Jeho kryštáliky sú biele, resp. s nádychom do modra.

Sekundárne minerály: Kaolinit sa vyskytuje v niektorých pegmatitoch (Železná studienka, lom I, Lamač — lom) silne rozrušených, kde vzniká za súčinnosti slabej kyseliny uhličitej v povrchových partiách.

Kalcit vznikol rozkladom bázejších plagioklasov a tvorí ojedinelé zrníčka nepravidelnej formy (pegmatity v amfibolitoch).

Sericit má tvar jemných mikrolitov alebo šupinkových agregátov. Vznikol najmä hypergennými pochodmi rozkladom plagioklasov, v pegmatitoch, resp. v ich častiach silne tektonicky namáhaných. Zriedkavejšie vznikol aj pri muskovitizácii a vtedy sa vyskytuje obyčajne v kremeň vzniknutom muskovitizáciou.

Ak bol naprostý nedostatok draslíka, vznikol zoizit, v opisovaných pegmatitoch konštatovaný jedine z pegmatitov v amfibolitoch. Okrem neho v týchto pegmatitoch boli zistené tiež zeolity.

Chlorit vznikol obyčajne premenou biotitu. Chloritizácia podľa Fersmana (1931) má dosť široké rozpätie — od geofázy D do K, najmä však v H—K. Chloritizácia biotitu prebieha spravidla lamelárne. Z Ti-minerálov pri týchto pochodoch vzniká sagenit. V skúmaných pegmatitoch chloritizácia predchádzala baueritizácii. Mikroskopický chlorit má nízky dvojlom, je slabo pleochroický. Interferenčné farby len zriedkavo vyhovujú penínu.

Limonit sa vytvára najmä po zrastoch biotitu pri baueritizačných pochodoch (muskovitizácia biotitu).

IV. TEXTÚRY MALOKARPATSKÝCH PEGMATITOV

Pod pojmom „textúra pegmatitu“ rozumieme rozmiestenie a vzájomný pomer jednotlivých paragenetických komplexov — zón v pegmatitovej žile. Každá paragenetická jednotka pegmatitu je charakterizovaná určitým minerálnym zložením a štruktúrou; je výsledkom určitej fázy pegmatitového pochodu. Paragenetické komplexy pegmatitov sú v podstate trojaké (Cameron, atď., 1949):

A. Zóny primárne, vzniknuté kryštalizáciou, resp. rekryštalizáciou.

B. Zóny metasomatické, vzniknuté metasomatickou premenou starších pegmatitových minerálov, resp. zón.

C. Výplne mladých puklín pegmatitov.

V pegmatitoch Malých Karpát som na základe terénnych a laboratórnych štúdií konštatoval a charakterizoval tieto paragenetické komplexy (tab. 3):

A. Zóny primárne

a) Biotitová zóna sa vyskytuje ako okrajová zóna niektorých pegmatitoch v rulách, resp. aj v žulách, v tesnej blízkosti rúl. Tvorená je hrubolupenitým biotitom, spravidla intenzívne, niekedy aj úplne zmeneným v chlorit. Tvorí buď tenké súvislé pásma o mocnosti 0,3—2,5 cm, alebo biotit tejto zóny je rozmiestnený v exokontakte aplitoidnej, resp. kremeň-živcovo-sľudnej zóny. Ako sme už spomínali, biotitovú zónu treba považovať za výsledok asimilácie rúl, resp. amfibolitov pegmatitovými roztokmi, v dôsledku čoho sa tieto obohatili tmavými komponentmi a neskôr z takto obohatených roztokov potom vykryštalizovala biotitová zóna. Celý tento pochod dobre možno prirovnať k vzniku Bowenových „reaction series“ (1922), keď pri asimilácii melanokrátnych hornín žulovou magmou sa tvoria biotitové koncentrácie. Treba však tiež pripustiť možnosť, že biotitová zóna v niektorých prípadoch vznikla v dôsledku asimilácie biotitu z okolitej žuly, intenzívne tektonicky porušenej.

b) Aplitoidná zóna je na okraji väčšiny malokarpatských pegmatitov. Je panalotriomorfnej štruktúry. Minerálne zloženie: kremeň, oligoklas, albiklas, draselné živce, muskovit. Akcesórie: biotit, ortit, granát (pyralspity), zirkón xenotim, apatit, oxydy Fe, Mn, titanit, v amfibolitoch tiež fluorit a korund. Vzhľadom na odlišné zloženie, najmä pokiaľ sa týka bázicity, aplitoidnej zóny v amfibolitoch, táto bola nazvaná plagioklasovou zónou, v jednom prípade — tiež v pegmatitoch a v amfibolitoch — plumazitom v zmysle Gordonovom (1921) a nie Goldschmidtovom (1930). Priemerný obsah An zložky plagioklasov aplitoidných zón v jednotlivých horninách je takýto: Aplitoidná zóna pegmatitov v žulách 18% An, plagioklasová zóna pegmatitov v amfibolitoch 40% An.

Aplitoidná zóna vznikla kryštalizáciou zo zvyškovej žulovej magmy. Jej štruktúra je odôvodnená tým, že vznikala rýchlou kryštalizáciou za zníženého tlaku (Andersen 1931). Miestami, kde je aplitoidná zóna dobre vyvinutá, najmä v žulách (Lamač, Koliba), možno v nej pozorovať určité zmeny, predovšetkým štruktúrne. Vonkajšia časť je zachovalá, jemnozrnný aplit. Stredná časť už javí vplyvy pneumoagensov pegmatitovej magmy, v dôsledku čoho možno pozorovať napr. lokálne vyrastlice kremeňa, resp. živcov. Vo vnútornej časti je hojnejší apatit a miestami možno pozorovať aj mikropísmenkovú štruktúru. Ojedinelé vyrastlice kremeňa a živcov sa zväčšujú. Granatické pásiky v aplitoidnej zóne niektorí považujú (McLaughlin 1940) za výraz rytmickej kryštalizácie, iní, ako napr.

Fersman (1932), za výsledok očisťovania pegmatitovej magmy od tmavých komponentov. Omnoho pravdepodobnejší sa zdá v konkrétnom prípade malokarpatských pegmatitov druhý názor.

c) Zóna písmenkového granitu je v niektorých pegmatitoch na endokontakte aplitoidnej zóny, resp. vo forme reliktov aj v kremeň-živcovo-sľudnej zóne (Koliba). Zaujímavé je to, že najlepšie je vyvinutá v spodnej časti žíl, kde dosahuje aj najväčšiu mocnosť (Lamač — lom). Toto dobre potvrdzuje Fersmanov názor (1931, 1928), že vznikala za nedostatku prechavých komponentov. Tieto, zrejme aj keď v systéme existovali, nachádzali sa v horných častiach, takže podmienky pre vznik písmenkovej štruktúry boli najvýhodnejšie v spodných častiach daného systému. Tvorená je v podstate mikroklin-pertitom a kremeňom (obr. 2). Vyrastlice kremeňa sa smerom k centru pegmatitu zväčšujú, takže miestami písmenková štruktúra je vymenená zrastami mikroklin-pertitu a kremeňa pegmatitoidnej štruktúry, kde pravidelná orientácia kryštálov je ojedinelá.

d) Zóna vejárovitého muskovitu sa vyskytuje na vnútornej strane aplitoidnej zóny a zóny písmenkového granitu. Planimetrickou analýzou bol zistený obsah kremeňa 53,25 % objemových a obsah muskovitu 42,79 % objemových. Muskovit má zhodnú optickú orientáciu (obr. 6). Vejárovitý muskovit vznikol asi za podobných fyzikálno-chemických podmienok ako písmenková, mikroklin-kremenná štruktúra. Nie je však vylúčený ani metasomatický vznik vejárovitého muskovitu, a to muskovitizáciou mikroklinu zóny písmenkového granitu. Pripustením tejto možnosti by sa dalo dobre vysvetliť aj množstvo kremeňa (primárny + metasomatický) a tiež tesné spojenie tohto vejárovitého muskovitu so zónou „c“. Pravidelná orientácia lupienkov muskovitu by sa dala vysvetliť vplyvmi energie kryštalizačných mriežok.

e) Zóna kremeň-živcovo-sľudná je tvorená mikroklin-pertitom, albiklasom (priemerného zloženia 12 % An), kremeňom, muskovitom a biotitom. Z akcesórií boli konštatované pyralspity, apatit, skoryl, pyrochlór, zirkón. Zo sekundárnych minerálov najhojnejší je chlorit (pokiaľ je v tejto zóne prítomný biotit) a sericit. Smerom k centru jej štruktúra sa stáva hrubo-zrnnejšou, pribúda mikroklin-pertit, klesá množstvo kremeňa-plagioklasov a sľúd (primárnych). Miestami, najmä vo vnútornejších častiach, je hojný aj apatit (Železná studienka, lom I, obr. 3), čo nám poukazuje na to, že postupom kryštalizácie, resp. rekryštalizácie, systém sa obohacoval prechavými komponentmi, ktorých výrazom existencie je apatit.

f) Zóna mikroklinová vymieňa v niektorých malokarpatských pegmatitoch smerom k centru žily zónu „e“ (Lamač). Je tvorená takmer výlučne giganto-kryštálmi mikroklin-pertitu rôznych typov (pozri minera-

logickú časť práce). Z ostatných minerálov je len miestami prítomný ortoklas, kremeň, muskovit, apatit, pravdaže spravidla len akcesorický.

Posledné spomínané zóny vznikli najskôr rekryštalizačnými pochodmi v zmysle Zavarického (1947) teórie.

g) Zóna kremenná je najmladšou primárnou zónou pegmatitov. Vyskytuje sa v centre niektorých pegmatitových žíl (Lamač, Koliba, Rösslerov lom pri Bratislave), alebo tvorí samostatné kremenné žily pegmatitové, ako sme už uviedli. Tvorená je v podstate kremeňom a len miestami akcesoricky pristupuje mikroklin, muskovit, zriedka monazit a xenotim.

B. Zóny metasomatické

h) Zóna albitová. Albitizácia v pegmatitoch Malých Karpát je dosť hojná, ale albitové zóny sa vytvárajú len zriedka (Rača), aj to len o malých rozmeroch. V dôsledku albitizácie vzniká kremeň, albit a niekedy aj málo muskovitu.

i) Zóna muskovitová sa vyskytuje len v ojedinelých pegmatitoch vo väčšom meradle (zvlášť typicky v Rösslerovom lome, kde bola aj detailne študovaná). Vznikla, ako sme už spomínali hydrolytickým rozkladom draselných živcov podľa rovnice: $3 K [AlSi_3O_8] + 2 H_2O \rightleftharpoons K Al_2(OH)_2 [AlSi_3O_{10}] + 2 K^+ + OH^- + 6 SiO_2$.

Ako vidíme, pri hydrolýze vzniká okrem muskovitu aj kremeň, pričom tieto minerály vytvárajú typické daktylické zrasty. Uvoľnené K zúčastňuje sa na ďalších metasomatických procesoch (napr. môže sa uplatniť pri vzniku metasomatického biotitu). Muskovitizácia v opisovaných pegmatitoch prebiehala buď po puklinách, buď po hranici jednotlivých zón. Ak uvedená reakcia má prebiehať smerom k tvoreniu muskovitu a kremeňa, musí byť koncentrácia draslíka. Ak je táto koncentrácia veľká, nie sú priaznivé podmienky pre tvorenie muskovitu, ako to konštatuje Nikitin na príklade pegmatitov Južnej Karélie (1950). Z toho vyplýva, že pre vznik muskovitu uvedeným spôsobom omnoho priaznivejšie sú pegmatiky s obsahom kyslík — plagioklasov. To, že malokarpatské pegmatity sú bohaté na minerály s obsahom K (mikroklin), v dôsledku čoho bola koncentrácia K-iónov veľká, bolo iste jedným z hlavných dôvodov, prečo sa v malokarpatských pegmatitoch nevytvorili priemyselné koncentrácie muskovitu. Avšak na vznik význačnejších koncentrácií muskovitu má veľký vplyv aj charakter okolitých hornín. Veľmi priaznivé podmienky by mohli byť rozhodne v sludných (muskovitických) bridliciach.

Tam, kde zvyškové plyny (roztoky), spôsobujúce muskovitizáciu, obsahovali hodne Mg a Fe, tiež nemohla prebiehať uvedená reakcia a v dôsledku hydrolýzy sa tvoril biotit (Nikitin 1950, 1952). Takéto prípady v malo-

karpatských pegmatitoch boli konštatované, a to najmä v pegmatitoch v blízkosti hornín, ktoré obsahujú vo význačnejšom množstve spomínané komponenty (amfibolity, ruly). Takýto biotit je spravidla v zóne „e“ vo forme veľkých lupienkov po tenkých puklínkach. Samostatnú zónu však nevytvára.

Pravdepodobne pred muskovitizáciou alebo súčasne s ňou vznikali aj niektoré granáty, najmä v zóne „e“. Na ich metasomatický pôvod okrem tesnej asociácie s metasomatickým muskovitom poukazuje aj prítomnosť niektorých vzácnych prvkov konštatovaná v týchto granátoch (Y, Yb, Tl). Samostatnú zónu tieto granáty však nikde nevytvárajú.

C. Výplne mladých tektonických puklín

Pod pojmom „výplne puklín“ rozumieme také výplne, ktoré vznikli po úplnom sformovaní pegmatitu z pegmatitovej magmy, t. j. po kryštalizačných, rekryštalizačných a metasomatických pochodoch. Sú teda buď sekrečné alebo výrazne hydatogénne. Za výplň sa považujú aj výplne vzniknuté pri tektonických pochodoch. V malokarpatských pegmatitoch táto výplň je najčastejšie kremenná alebo sericitová.

V. KLASIFIKÁCIA PEGMATITOV MALÝCH KARPÁT

Správna klasifikácia má byť založená na dobre pozorovateľných znakoch pegmatitov, ktoré odrážajú podmienky vzniku pegmatitov a celý pegmatitový proces. Doterajšie klasifikácie, okrem textúrno-paragenetickej klasifikácie Vlasovovej (1952), podľa ktorej budem klasifikovať aj malokarpatské pegmatity, sú príliš formálne na to, aby jednoduchým spôsobom vystihli všetky zákonitosti formovania a textúry pegmatitov. Za takéto formálne klasifikácie treba považovať Niggliho (1920, 1932) klasifikáciu, založenú na prítomnosti vzácnych prvkov a akcesorických minerálov v pegmatite, Lacroixovu (1922) opisnú mineralogickú klasifikáciu a Fersmanovu (1931), v podstate geochemickú klasifikáciu, ktorá znamená značné rozšírenie staršej Niggliho klasifikácie. Goldschmidtova (1930) klasifikácia, založená na kvantitatívnom pomere hlavných prvkov pegmatitu (Na, K, Al) pre praktické účely je príliš komplikovaná a predpokladá, ako aj predošlé geochemické klasifikácie, veľké množstvo chemických analýz. S ostatnými klasifikáciami sa na tomto mieste nebudem detailnejšie zaoberať.

K. A. Vlasov (1952) delí pegmatity na základe jednotlivých paragenéz podstatných minerálov na 4 typy:

1. Typ prvý — pegmatity s písmenkovou žulou, resp. nezonárne strednozrnné pegmatity.
2. Typ druhý — blokové pegmatity, kde okrem prvých paragenetických

jednotiek je prítomný hrubozrnný, resp. giganto-kryštálický mikroklin, alebo hrubozrnná, kremeň-živcová zóna.

3. Typ tretí — predstavujú plnodiferencované pegmatity, v ktorých je vyvinuté aj kremenné jadro.

4. Typ štvrtý — pegmatity, v ktorých sa význačne uplatňujú metasomatické pochody a v dôsledku toho sú v nich metasomatické zóny. Tieto pegmatity obsahujú vzácne prvky a sú prakticky najvýznamnejšie.

V Malých Karpatoch sú vyvinuté všetky typy, najčastejšie však prvý.

Pegmatity prvého typu sú tvorené buď stredozrnnou, kremeň-živcovou zónou (Karlová Ves), alebo na okraji je vyvinutá aplitoidná, potom kremeň-živcovo-sľudná zóna. Miestami medzi týmito zónami sa vyskytuje aj zóna písmenkového granitu. Metasomatické zóny sú nepatrné a bezvýznamné. Pegmatity tohto typu sú v oblasti Karlovej vsi, Vydrice, Koliby a aj na ostatných miestach už uvedených. Pokiaľ boli intenzívnejšie postihnuté metasomatózou (Rösslerov lom), je ich správnejšie zaradiť k štvrtému typu.

Pegmatity druhého typu okrem paragenetických jednotiek uvedených pri opise prvého typu obsahujú aj mikroklinovú zónu. Vyskytujú sa napr. v Lamači.

Pegmatity tretieho typu obsahujú okrem zón uvedených v predchádzajúcich typoch tiež kremennú zónu (kremenné jadro). Kremenné pegmatitové žily (pezinská Baba) de facto treba tiež zaradiť do tohto typu.

Pegmatity štvrtého typu sú tie, v ktorých sú vyvinuté paragenetické komplexy vzniknuté metasomatózou. Metasomatóza môže postihnúť hociktorý z uvedených typov, ale čím je typ pegmatitu vyšší, tým je metasomatóza spravidla intenzívnejšia. V Malých Karpatoch takéto pegmatity sú najlepšie vyvinuté v oblasti Rösslerovho lomu a Železnej studienky.

Medzi jednotlivými typmi pegmatitov môžu existovať prechody, ktoré sa prejavujú napr. tým, že miesto mikroklinovej zóny sú v centrálnych častiach pegmatitu ojedinelé, veľké kryštály mikroklinu, ako napr. pri Rači a takýto pegmatit bude zrejme prechodným medzi prvým a druhým typom.

Z takéhoto rozdelenia pegmatitov nám vyplývajú aj určité praktické závery:

1. Prakticky najvýznamnejšie budú pegmatity štvrtého typu, na ktoré pri hľadaní vzácnych prvkov a ložísk napr. muskovitu treba predovšetkým zamerať pozornosť. Dobrým príznakom okrem toho je výskyt minerálov mangánu, ako napr. granátov, čo v konkrétnom prípade Malých Karpát bolo potvrdené aj spektrálnou analýzou.

2. Na základe typov pegmatitov môžeme tiež dobre usudzovať na hĺbku

erózie určitého žulového masívu, pretože pegmatity vyšších typov sú spravidla v horných, resp. okrajových častiach batolitu.

Použitie takejto klasifikácie teda správne umožňuje deliť pegmatity aj vzhľadom na ich genézu na základe výrazných, dobre pozorovateľných znakov, akými sú štruktúry paragenézy hlavných minerálov a textúra toho ktorého pegmatitu, pričom hlavným cieľom je zistenie možností výskytu prvkov a minerálov potrebných pre prax.

Záverom si pokladám za milú povinnosť poďakovať s. doc. dr. B. Cambelovi za mnohé rady pri práci; s. univ. prof. dr. R. Lukáčovi za všestrannú pomoc a umožnenie spracovania materiálu. S. G. Kupčovi z Geologického ústavu D. Štúra ďakujem za starostlivé vykonanie spektrálnych analýz uvedených v texte.

15. II. 1954

*Katedra mineralógie a petrografie
Fakulty geologicko-geografických vied
Slovenskej univerzity, Bratislava*

ЯН ВАЛАХ

ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ МАЛЫХ КАРПАТ

(Рис. 3—4 в тексте, табл. I—III.)

Кристаллический массив Малых Карпат состоит в основном из кристаллических сланцев нижнего палеозоя (филлиты, графитовые и слюдяные сланцы, биотитовые гнейсы, амфиболиты) и изверженных пород верхнего палеозоя (гранит, гранодиорит, пегматиты и аплиты). Пегматиты связаны с интрузией гранита. Включающими пегматиты породами являются биотитовые гнейсы, амфиболиты и граниты разных типов. Биотитовые гнейсы состоят главным образом из плагиоклаза (олигоклаза), кварца и биотита. Акцессорными минералами являются циркон, апатит, турмалин, гранат, ставролит. Амфиболиты представляют из себя продукты метаморфизма габбро и габбродiorитов. Главные минералы, входящие в их состав, — амфибол и плагиоклаз (андезин), акцессорные — магнетит, титанит и апатит. Большая часть кристаллического массива Малых Карпат образована гранитом. Свита кристаллических сланцев делит его на две части: северную (модранский гранит), сложенную главным образом гранодиоритовыми породами, и южную (брatisлавскую), где представлены граниты разных типов. Судя по характеру гранитов и пегматитов, брatisлавский массив является верхней частью гранитного батолита. В модранском биотитовом гранодиорите пегматиты встречаются чрезвычайно редко, в брatisлавском двуслюдяном граните они очень часты. Гранит состоит преимущественно из плагиоклаза (содержание $An\ 12-25\%$), кварца, биотита, мусковита, ортоклаза и микроклина.

Средний состав брatisлавского гранита, вычисленный на основании планиметрического анализа, представляется в следующем виде (в процентах объема): кварц — 30,25, биотит — 9,56, плагиоклаз — 40,05, калиевые полевые шпаты — 19,88, апатит — 0,21, мусковит (примарный) — 1,10.

Диориты бывают преимущественно кварцевые, амфиболо-биотитовые. Зоубек (1936) считает, что они являются продуктом магматической дифференциации „in situ“.

Пегматиты Малых Карпат возникли в конечных стадиях застывания гранитного массива как продукты кристаллизации и процессов перекристаллизации и метасоматизма. В результате образовались довольно сложные жильные тела, характер которых был обусловлен тем, какой из процессов имел преобладающее влияние при образовании пегматитов. В соответствии с этим возникали и разные парagenетические комплексы — зоны, которые можно подвести (с известными дополнениями и изменениями) под классификацию зон пегматитов Беуса (1951). В общем в Малых Карпатах различают 9 зон пегматитов.

а) Биотитовая зона является краевой зоной некоторых пегматитов, которые внедряются в гнейсы или в граниты, находящиеся близ гнейсов.

б) Аплитоидная зона развита по краям почти всех пегматитов; на ней особенно сказывается влияние боковой породы — так например, когда пегматит пересекает амфиболиты, она содержит самые основные плагиоклазы (46 % An), флюорит и корунд.

в) Зона письменного гранита наблюдается преимущественно в нижней части некоторых пегматитов; образована она микроклином-пертитом и кварцем.

г) Зона веерообразного мусковита наблюдается на эндоконтакте аплитоидной зоны или зоны письменного гранита; состоит из мусковита (42,79 %) и кварца (53,25 %). Образовалась вероятно путем метасоматического замещения калиевого полевого шпата в зонах письменного гранита, чем объясняется преобладание кварца.

д) Кварцево-полевошпатово-слюдяная зона является самой распространенной. Иногда она составляет всю массу пегматита, и тогда в этом последнем нет других зон. Кроме альбитклаза (в смысле Винчелля, 1951), в ней находится микроклин-пертит, кварц и слюды. Акцессорные минералы: пиралспиты, апатит, скорил, пироклор, циркон.

е) В центре некоторых пегматитовых тел находится микроклиновая зона, состоящая из кристаллов-гигантов микроклина-пертита.

ж) Кварцевая зона является иногда центральной зоной некоторых пегматитовых жил в Малых Карпатах. Из второстепенных минералов в ней встречается монацит и ксенотим.

з) Альбитовая зона образовалась путем метасоматического замещения части зоны, состоящей из кварца, полевого шпата и слюды. В исследованных пегматитовых жилах развита слабо.

и) Мусковитовая зона также образовалась в результате метасоматического замещения калиевых полевых шпатов (микроклина). Никитин (1950) совершенно правильно подмечает, что там, где калий находился в сильной концентрации, не было благоприятных условий для образования мусковита. Поэтому-то в Малых Карпатах она более или менее хорошо представлена лишь в исключительных случаях. Иногда, когда пегматитовые жилы находятся в соседстве амфиболитов или гнейсов, видно, что были более подходящие условия для возникновения метасоматического биотита.

Нужно считать, что те гранаты, которые встречаются в кварцево-полевошпатово-слюдяной зоне, обычно в ассоциации с мусковитом метасоматического происхождения, возникли также в результате метасоматических процессов. Это под-

тверждает тот факт, что они сохранились гораздо лучше, чем гранаты аплитойдной зоны, а также присутствие некоторых редких элементов (Y, Yb, Tl).

Спектральные анализы, которые сделал Г. Купчо, показали, что пегматиты Малых Карпат содержат следующие элементы: Na, K, Rb, Mg, Ca, Sr, Ba, Al, Si, Ti, V, Mn, Fe, Zr, Cu, Ga, Sn, Pb, Sc, Y, Yb, Tl, Mo.

Из более редких минералов был найден ортит в аплитойдной зоне пегматитовых жил, прорывающих амфиболиты, флюорит — в той же зоне (Железна студийка близ г. Братислава), пироклор — в аплитойдной зоне пегматитов, пересекающих гранит, монацит и ксенотим — в кварцевом ядре.

Рассматривая пегматиты с точки зрения текстурно-парагенетической классификации, разработанной К. А. Власовым (1952), мы констатируем, что в Малых Карпатах представлены все четыре типа пегматитов. К первому относятся пегматиты без зон или простой зональности, местами с зоной письменного гранита. По краям пегматитов этого типа обычно наблюдается аплитойдная зона.

В пегматитах второго типа, кроме аплитойдной и кварцево-полевошпатово-слюдяной зон (местами зоны письменного гранита), имеется еще микроклиновья зона.

Для пегматитов третьего типа характерной чертой является наличие кварцевого ядра в центре жилы. К этому же типу надо отнести некоторые кварцевые жилы, которые встречаются отдельно от пегматитов, например в гнейсах.

У пегматитов четвертого типа развиты метасоматические зоны. С практической точки зрения они являются самыми важными.

Перевод со словацкого В. Андру-
совой

*Кафедра минералогии и петрографии
факультета геологических и геогра-
фических наук Словацкого универси-
тета, Братислава*

Объяснение рисунков 3—4 в тексте и таблиц I—III

Рис. 3. А. Графическое изображение количества минералов в братавском граните.

В. Графическое изображение количества минералов, представленных в разных зонах пегматита в каменоломне близ сел. Ламач.

KR — кварц, Sl — слюда, Pl — плагиоклаз, DZ — калиевый полевой шпат.

Рис. 4. А. Разрез пегматитом в граните в той же каменоломне. Масштаб 1 : 300.

В. Разрез пегматитом (С-Ю) в покинутой каменоломне на холме Колиба на окраине г. Братислава. Масштаб 1 : 300.

С. Разрез пегматитом в гнейсах к западу от сел. Ламач. Масштаб 1 : 300.

1 — биотитовый гнейс, 2 — диорит, 3 — гранит, 4 — зона письменного гранита, 5 — аплитойдная зона, 6 — кварцево-полевошпатово-слюдяная зона, 7 — микроклиновья зона, 8 — кварцевая зона, 9 — аллювий.

Табл. I, фиг. 1. Ксенолит боковой породы в пегматите скалы, на которой стоит братавский замок; участок над туннелем. Приблизительно $\frac{1}{10}$ естественной величины.

- Табл. II, фиг. 1. Письменный гранит с зоной „в” пегматита в каменоломне близ сел. Ламач.
- Фиг. 2. Пегматиты первого типа на братиславской Замковой скале. × 24.
- Табл. III, фиг. 1. Письменный гранит зоны „в” пегматита в каменоломне близ сел. Ламач. Микрофотография. × 24,
- фиг. 2. Апатит в микроклине эндоконтакта кварцево-полево-шпатовой зоны („д”) пегматита, выступающего в каменоломне I близ г. Братислава (Железна студиенка). × 80.
- Фиг. 3. Всерообразный мусковит эндоконтакта аплитовидной зоны пегматита над братиславским туннелем. Чешуйки мусковита (белое) одинаково ориентированные в кварце (черное). × 40.
- Фиг. 4. Мирмекит из пегматита. Железна студиенка, каменоломня I. × 80.
- Фиг. 5. Сетчатый микроклин-пертит, кварц (белое) и пиралспиты (черное). Железна студиенка, каменоломня I (зона „д”). × 40.
- Фиг. 6. Жилковатый пертит из микроклиновой зоны пегматита. Каменоломня близ сел. Ламач. × 40. Фото Франека,

JAN VALACH

DIE GRANITPEGMATITE DER KLEINEN KARPATHEN

Das Kristallinikum der Kleinen Karpathen besteht im wesentlichen aus kristallinen Schiefern des älteren Paläozoikums (Phyllite, Graphitschiefer, Glimmerschiefer, Biotitgneise, Amphibolite) und aus Eruptivgesteinen des jüngeren Paläozoikums (Gneis, Granodiorit, Diorit, Pegmatite und Aplite). Die Pegmatite sind an eine Granitintrusion gebunden. Das Nebengestein der Pegmatite bilden Biotitgneise, Amphibolite und Gneis verschiedener Typen. Die Biotitgneise bestehen im wesentlichen aus Plagioklas (Oligoklas) Quarz und Biotit, akzessorisch treten Zirkon, Apatit, Turmalin, Granat und Staurolith hinzu. Die Amphibolite entstanden durch Metamorphose der Gabbro- und Gabbrodioritgesteine, ihre Hauptbestandteile sind: Amphibol und Plagioklas (Andesin), als Akzessorien treten Magnetit, Titanit und Apatit hinzu. Das Granitmassiv beansprucht den wesentlichen Teil des Kristallinikums der Kleinen Karpathen. Die Serie der kristallinen Schiefer teilt ersteres in zwei Teile: Einen nördlichen (Granit von Modra), der hauptsächlich aus Granodioritgesteinen besteht, und einen südlichen (Granit von Bratislava), wo Granite verschiedener Typen vorkommen. Aus dem Charakter des Granits und der Pegmatite ist zu schließen, daß der Granit von Bratislava die höhere Zone eines Granitbatholithes vorstellt. In dem Modreiner Granit-Granodiorit kommen Pegmatite nur vereinzelt vor, im zweiglimmerigen Granit von Bratislava dagegen sind diese sehr häufig. Der Granit besteht im wesentlichen aus Plagioklassen (Inhalt An 12—25%), Quarz, Biotit, Muskovit, Orthoklas und Mikroclin.

Die Durchschnittszusammensetzung des Granits von Bratislava wurde auf Grund planimetrischer Analysen folgendermaßen festgestellt:

Quarz	30,25%	Umfang
Biotit	9,56%	Umfang
Plagioklase.....	40,05%	Umfang
Kalifeldspate.....	19,88%	Umfang
Apatit	0,21%	Umfang
Muskovit (primär)	1,10%	Umfang

Die Diorite pflegen quarzhaltig, amphibolisch-biotitisch zu sein und entstanden nach Zoubek (1936) durch magmatische Differenziation „in situ“.

Die Pegmatite der Kleinen Karpathen entstanden in den abschließenden Stadien des Gestaltungsprozesses des Granitmassivs, und zwar durch Kristallisation, sowohl wie auch durch metasomatische Rekristallisationsvorgänge, demzufolge verhältnismäßig komplizierte Gangkörper entstanden sind, deren Charakter davon abhängt, welcher von den beschriebenen Vorgängen bei der Gestaltung des Granits dominierte. So entstanden bestimmte paragenetische Komplexe — Zonen, an welche im wesentlichen, freilich mit gewissen Ergänzungen und Veränderungen, die Beus'sche (1951) Klassifikation der pegmatitischen Zonen anzuwenden ist. Im ganzen wurden in den Kleinkarpathen-Pegmatiten 9 Pegmatitzonen charakterisiert:

a) Die Biotitzone ist die Randzone einiger Pegmatite in Gneise und solcher Granite, die sich in der Nachbarschaft der Gneise befinden.

b) Die aplitoide Zone ist am Rande fast aller Pegmatite entwickelt. Ihr Charakter zeigt am besten den Einfluß des Mediums (des Nebengesteins). Z. B. in Amphiboliten enthält sie Plagioklase von maximaler Basizität, 46 % An — Komponente, Fluorit und Korund.

c) Die Zone des Schriftgranits ist meistens im unteren Teile einiger Pegmatite zu finden. Sie besteht aus Mikroklin-Perthit und Quarz.

d) Die Zone des Fächermuskovits befindet sich am Endkontakt der aplitoiden Zone, resp. der Buchstabenzone und besteht aus Muskovit (42,79 %) und Quarz (53,25 %). Sie ist wahrscheinlich durch metasomatische Umwandlung des Kalifeldspats der Buchstabengranitzone entstanden, wodurch auch das Vorherrschen des Quarzes erklärt ist.

e) Die Zone Quarz—Feldspat—Glimmer ist quantitativ am meisten verbreitet und bildet manchmal eine ganze Pegmatitmasse (nicht zonare Pegmatite). Außer Albiklas (im Sinne Wichell's, 1951) enthält sie Mikroklin-Perthit, Quarz und Glimmer, von den Akzessorien: Paralspite, Apatit, Skoryl, Pyrochlor, Zirkon.

f) Im Zentrum einiger Pegmatite ist die Mikroklinzone, die aus Gigantkristallen von Mikroklin-Perthit besteht.

g) Die Quarzzone ist die Kernzone einiger Kleinkarpathen-Pegmatite. Unter den Akzessorien wurden in dieser Zone Monazit und Xenotim festgestellt.

h) Die Albitzone ist durch metasomatische Umwandlung eines Teiles der Quarz-Feldspat-Glimmerzone entstanden. In den behandelten Pegmatiten ist sie nur schwach entwickelt.

i) Die Muskovitzone ist ebenfalls eine metasomatisch entstandene Zone, und zwar durch die Umwandlung von Kalifeldspat (Mikroklin). Wir müssen vollauf mit Nikitin (1950) darin übereinstimmen, daß dort, wo eine große K-Konzentration war, keine günstigen Bedingungen für die Muskovitbildung waren. Darum ist diese Zone auch in den Kleinen Karpathen nur vereinzelt besser entwickelt. Manchmal, wenn die Pegmatite z. B. in der Nähe von Amphiboliten, resp. Gneisen, vorkommen, waren eher günstige Verhältnisse zur Bildung eines metasomatischen Biotits.

Dem Teil der Granate, welche in der Quarz-Feldspat-Glimmerzone gewöhnlich mit Muskovit metasomatischen Ursprungs in einer Assoziation vereinigt vorkommen, muß

ebenfalls metasomatischer Ursprung zugesprochen werden. Der Beweis dafür ist ihre Unbeschädigtheit im Vergleich mit den Granaten der aplitoiden Zone, sowohl wie auch das Vorkommen einiger seltener Elemente (Yb, Tl).

Durch Spektralanalysen, durchgeführt von G. Kupčo, wurden in den Kleinkarpathen-Pegmatiten folgende Elemente festgestellt: Na, K, Rb, Mg, Ca, Sr, Ba, Al, Si, Ti, V, Mn, Fe, Zr, Cu, Ga, Sn, Pb, Sc, Y, Yb, Tl, Mo.

Von den selteneren Mineralen wurde Orthit — in der aplitoiden Zone der Pegmatite in den Amphiboliten — festgestellt, Fluorit in derselben Zone (Eisenbrünnel), Pyrochlor in der aplitoiden Zone des Pegmatits im Gneis und im Quarzkern — Monazit und Xenotim.

Nach der textural-paragenetischen Klassifikation der Pegmatite, ausgearbeitet von K. A. Vlasov (1952), kommen in den Kleinen Karpathen alle vier Pegmatittypen vor:

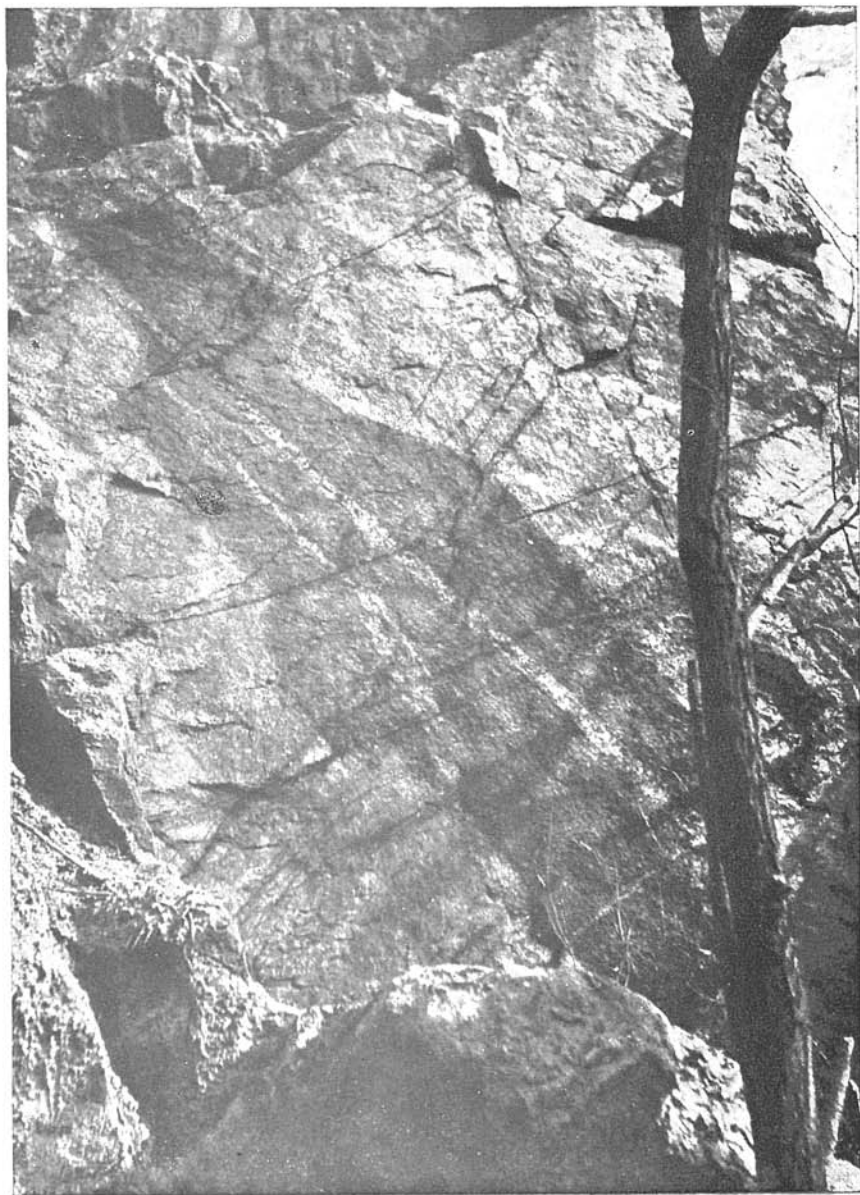
1. Zum ersten Typus gehören die nicht zonaren, resp. einfach zonaren, stellenweise eine Zone von Buchstabengranit umfassenden Pegmatite. Am Rande der Pegmatite von diesem Typus ist gewöhnlich auch die aplitoide Zone anwesend.

2. Die Pegmatite des zweiten Typus umschließen außer der aplitoiden Zone, der Quarz-Feldspat-Glimmerzone, resp. stellenweise Zonen des Buchstabengranits, auch noch die Mikroklinzone.

3. Für die Pegmatite des dritten Typus ist die Anwesenheit eines Granitkernes im Zentrum des Granitganges charakteristisch. Auch Pegmatitquarzgänge, welche außerhalb der Pegmatite, z. B. in Gneisen, vorkommen, muß man zu diesem Typus rechnen.

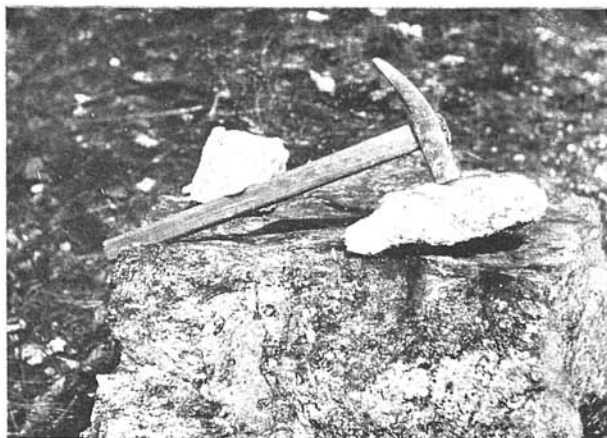
4. Der vierte Typus der Pegmatite sind solche, in welchen metasomatische Zonen entwickelt sind. Diese sind vom praktischen Standpunkt die wichtigsten.

*Kathedern für Mineralogie und Petrographie
der geologisch-geographischen Fakultät
der Slowakischen Universität, Bratislava*



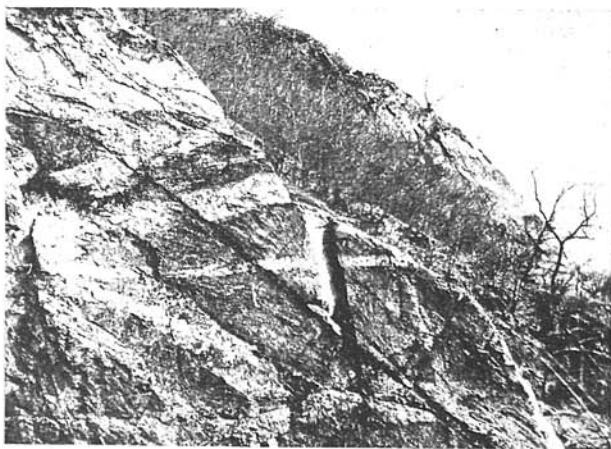
Relikt okolnej žuly v pegmatite, ostro ohraničený od pegmatitu, preniknutý tenkými žilkami pegmatitovými. Odkryv nad bratislavským tunelom. Zmenš. asi 10×.

Foto J. Valach.



Obr. 1. Písmenkový granit zo zóny „c“ z pegmatitu v lamačskom lome.

Foto J. Valach.

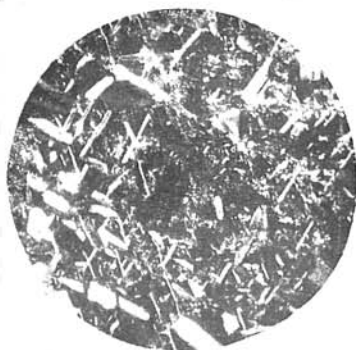


Obr. 2. Vysokotermálne pegmatity typu I. rozbiehajúce sa od „pegmatitovej intrúzie“ (vľavo hore) tenšími žilami pričom žily sa niekedy i pretínajú. Južná stena bratislavskej hradnej skaly.

Foto J. Valach.



Obr. 1. Písmenkový granit zo zóny „e“ z pegmatitu v lamačskom lome. Zväčš. 24×. Foto J. Valach.



Obr. 2. Apatit v mikrokline v endokontakte zóny „e“. Žel. studienka, lom II. Zväčš. 80×. Foto J. Valach.



Obr. 3. Myrmekit z pegmatitu na Žel. studienke, lom I. Zväčš. 80×. Foto J. Valach.



Obr. 4. Vejárovitý muskovit z endokontaktu aplitoidnej zóny. Vydrlica, Hradná skala. Zväčš. 40×. Foto J. Valach.



Obr. 5. „String-perthit“, granát a kremeň z lomu Žel. stud. I., zo zóny „e“. Zväčš. 40×. Foto J. Valach.



Obr. 6. „Vein-perthit“ zo zóny mikroklinovej. Lom Lamač. Zväčš. 40×. Foto J. Valach.