

SBORNÍK NÁRODNÍHO MUZEA V PRAZE

ACTA MUSEI NATIONALIS PRAGAE

XXXIX B (1983), No. 1

REDAKTOR: JIŘÍ ČEJKA

ZDENĚK GÁBA

Okresní vlastivědné muzeum v Šumperku

KONTAKT ŠUMPERSKÉHO GRANITU S PLÁŠTĚM V HORNÍ TEMENICI (okres Šumperk)

V práci jsou popsány geologické, mineralogické a petrologické poměry v činném lomu v Horní Temenici, v němž je odkryt přímý kontakt šumperského granitu s metamorfovanými horninami silesika. Byla zde prokázána kontaktní migmatitizace hornin pláště a na styku magmatu s vápenato-silikátovými horninami se vytvořil taktit a jevy bimetasomatózy. Vzhledem k instruktivnosti popisovaných jevů je lokalita vhodná k exkurzím.

ÚVOD

Podkladem pro předloženou práci je závěrečná zpráva resortního výzkumného úkolu ministerstva kultury ČSR (GÁBA 1980), v níž je podrobná písemná a grafická dokumentace úkolu. Hmotně je úkol dokumentován v geologických sbírkách OVM v Šumperku (29 sbírkových předmětů).

Systematický výzkum na lokalitě jsem konal v letech 1978 až 1980, ne-soustavně jsem na ní sbíral od r. 1968.

Lokalita v Horní Temenici je významná tím, že je na ní jako na jediné lokalitě na severní Moravě odkryt přímý styk variských granitoidů s metamorfovanými horninami silesika. Písemná, grafická, fotografická a hmotná dokumentace odkrytých jevů má charakter záchranné dokumentace lokality ohrožené těžbou. Většina popisovaných jevů je již nepřístupná pozorování.

Podrobný popis kontaktu v Temenici umožňuje srovnání s klasickými lokalitami v Bludově a Rejcharticích. Jeho význam je i v tom, že jde o lokalitu vhodnou k exkurzím, neboť kontaktní jevy jsou na ní typicky vyvinuté a zpravidla dobře odkryty. V určitých obdobích je lokalita i sběratelsky atraktivní.

ZKOUMANÁ LOKALITA

Zkoumanou lokalitou je činný lom v Horní Temenici (obec Šumperk). Je situován na horním konci býv. obce Temenice na pravé straně silnice do Bohdíkova ve svazích elevace s k. 428,6. V současné době je otevřen dvěma stěnami v nadm. výškách 370 až 418 m.

V lomu se těží zvětralá žula a rula jako maltový písek a šterkopísek s roční těžbou kolem 20 000 m³. Pevné horniny jsou odpadem. Lom je těžen s menšími přestávkami již asi 100 let (blíže o historii těžby viz GÁBA 1980). Zásoby postačují k těžbě na dalších cca 50 let.

Studium geologické situace je velmi ztíženo převládajícím silným navětráním, nepřístupností vyšších partií a zasutěním stěn. Ve spodní části vychází převážně granit, který je zde v kontaktu s horninami pláště. V plášti je zastoupena hlavně silně zvětralá rula, v níž jsou konformně uloženy polohy vápnitých parafidlic.

Geologicky patří lokalita do moravskoslezské oblasti, přičemž se na ní stýkají dvě její jednotky: silesikum a granitoidy silesika. Silesikum je zastoupeno jadernou sérií keprnické klenby, která se zde stýká se šumperským masívem (SVOBODA a kol. 1964). V bezprostřední blízkosti lokality podél potoka Temence probíhá linie temenického zlomu.

PŘEHLED DOSAVADNÍ LITERATURY

V přehledu literatury je třeba zohlednit nejen údaje o lokalitě samé, nýbrž i o dalších lokalitách v jižní části keprnické klenby, na nichž byly zjištěny podobné jevy. Jsou to zvláště lokality Bludov a Rejchartice.

Jako první se o lokalitě zmiňuje BUKOWSKI [1890, 1892], který z ní popisuje „Allochroitfels“ (tj. taktit) v přímém kontaktu s granitem. Vznik taktitu připisuje správně kontaktním účinkům granitu na krystalický vápenec.

KRETSCHMER [1908] popisuje z lomu v Horní Temenici „Kalksilikatfels“ a paralelizuje jej s výskytem v Rejcharticích. Považuje jej za kontaktní horninu spjatou s intruzemi aplitů a pegmatitů, které interpretuje jako žilný doprovod ortoruly. Výskyt u Bludova popisuje jako petrograficky odlišný, avšak připisuje mu podobnou genezi.

BRENZOVÁ [1956] se v nepublikované práci pokusila řešit otázky geneze erlánů v keprnické klenbě. Přiřítá ji kontaktně metaforním účinkům „kopernické ruly“ údajně variského stáří. Z lomu popisuje kontaktní jevy. V krátké zprávě uvádí SLÁDEK [1961] z lokality kontaktní nerosty, allanit a sirníky. KRUŽA [1966] udává z nerostů zjištěných na lokalitě pouze diopsid a hesonit, později [KRUŽA 1977] ze sběrů autora wollastonit.

Významné jsou práce MÍSAŘE [1958a, 1958b, 1959]. Podle něj v oblasti lokality vystupuje šumperský granodiorit a jaderné horniny keprnické klenby — slabě migmatitizovaná biotitická rula s vložkami paraamfibolitu a erlánu. Granodiorit tvoří mocné ložní apofýzy a je doprovázen aplity. V Horní Temenici nezjistil kontaktní jevy, pouze erlány, které interpretuje jako proterozoické regionálně metamorfované horniny. Variský granodioritový masív neměl podle MÍSAŘE kontaktní účinky kromě vzniku „bludovitu“ u Bludova ani nepůsobil migmatitizaci pláště. Migmatitizaci pokládá za regionální, pravděpodobně prekambričskou, úzce související se vznikem ortorul a aplitů.

MÍSAŘOVY názory na genezi a stáří hornin ve studované oblasti jsou v podstatě převzaty ve vysvětlivkách ke geologické mapě ČSSR (SVOBODA a kol. 1962) a v regionální geologii ČSSR (SVOBODA a kol. 1964). Později byly však publikovány i odlišné názory např. v práci KOVERDYNSKÉHO [1969]. Podle CHÁBA a SÚKA [1977] je geneze migmatitů a ortorul keprnické klenby nejasná stejně jako existence prekambričského metamorfického cyklu. Otázky metamorfózy, migmatitizace a plutonismu ve studované oblasti nelze tedy považovat za vyřešené.

V nepublikované zprávě MARKA [1971] jsou některá zajímavá zjištění z lokality. Např. granodiorit autor interpretuje jako 20–35 m mocnou žílu. ROLLER [1978] se zabývá mineralogickými poměry na lokalitě a popisuje z ní 21 nerostů. Rozpoznal v lomu krystalický vápenec a poprvé používá termínů „taktit“ a „kontaktní pegmatit“.

METODIKA

V terénu jsem mimo sběru a dokumentace vzorků nakreslil několik desítek geologických náčrtů, jejichž výběr je přiložen k závěrečné zprávě (GÁBA 1980). Použití laboratorních metod bylo omezeno možnostmi pracoviště. Nerosty jsem určoval makroskopicky a v práškových preparátech. Ve výbrusech jsem studoval 21 vzorků hornin. Bazicitu plagioklasu jsem určoval podle indexů lomu a pokud to bylo možné, použil jsem metody symetrické zóny a metody Becke-Beckerovy. Kvantitativní zastoupení součástí jsem stanovil odhadem a metodou J. Březiny. V jiných laboratořích bylo provedeno titrační stanovení CaCO_3 na vzorcích mramoru (laboratoř HCV záv. Vápenná) a pět spektrografických analýz minerálů (M. MÁTL, GP Rýmařov).

Poznámku zasluhuje použitý systém a terminologie. V petrografii jsem se řídil nejnovější českou učebnicí (HEJTMAN 1977), u plutonických hornin jsem však použil návrhu IUGS (in KAMENICKÝ 1975). V tomto případě to znamená podstatnou změnu: horniny šumperského masívu, označované dosud jako granodiority, je podle návrhu třeba označit prakticky vesměs jako granity.

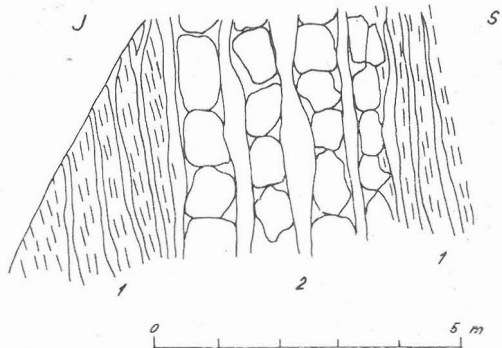
Značným terminologickým problémem je pojmenování leukokratických hornin, které mají podobný vzhled, geologickou pozici a zpravidla i genezi. Je to nápadně leukokratický „okrajový“ granit, pegmatity, apilty a žilky metatektu nejrůznějšího složení, které často od sebe nelze odlišit nebo do sebe přecházejí. Struktury těchto hornin jsou zpravidla přechodné a jejich mocnost silně kolísá. V naší literatuře není pro tyto jevy nadřazený pojem, použil jsem tedy pro přehlednost termínu leukosom ve smyslu používaném v cizí literatuře jako pojmu spíše geologického než petrografického. Stejnou horninu s kontaktními nerosty (zvl. diopsidickým pyroxenem a titanitem) nezývám kontaktní leukosom.

Ne zcela jednoznačná je terminologie metamorfovaných vápenato-silikátových hornin. Ve smyslu HEJTMANA (1977) užívám termínu taktit v případech, kde je prokázána alochemická kontaktní metamorfóza. Hranice mezi pojmy taktit a erlán není však v mnohých případech přesně definovatelná.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Geologické poměry:

Granit vystupuje ve spodních partiích stěn, tj. v sz. části lomu téměř na celé výšce stěny. Horniny pláště tvoří nadloží, na jednom místě spodní stěny vystupují také v podloží. Proto je těleso žuly považováno za několik desítek m mocnou ložní žilu (MÍSAŘ 1959, MAREK 1971). Není však vyloučeno, že rula v podloží tvoří jen kru.



Obr. 1: Schematický náčrsek odkryté stěny na horní etáži. 1 - migmatitizovaná rula, 2 - migmatitizované vápenato-silikátové horniny.

Granit se diskordantně stýká s metamorfovanými horninami pláště. Směr břidličnatosti metamorfitů je Z—V až JZ—SV se sklony 38—85° k S—SZ. Převládající horninou je biotitická rula, v níž jsou konformně

uloženy polohy vápenato-silikátových hornin až několik m mocné (obr. 1). Tyto tzv. erlány jsou petrograficky příměsemi bohaté mramory až kalcitické erlány, na přechodech do ruly byly zjištěny i amfibolity.

Migmatitizace ruly je nápadně nerovnoměrná. Rula je převážně jen slabě migmatitizována popř. makroskopicky bez migmatitizace, avšak vyskytují se v ní i silně migmatitizované partie s převahou metaktetu. Migmatitizace je silnější při kontaktu s granitem do vzdálenosti několika m. Mocné žíly leukosomu lze však pozorovat po celé výšce stěny, až 20 m od kontaktu. Žíly a žilky metaktetu jsou převážně konkordantní, mocnosti v mm—dm, mají vzhled aplitu, zřídka žuly. Migmatitizace „erlánu“ je podobného rázu. Žíly jsou v průměru mocnější a jejich materiálem je kontaktní pyroxenický leukosom často již s makroskopicky patrnou zonalností a reakčními lemy.

Migmatitizace „erlánů“ je jednoznačně injekční a tedy i migmatitizace ruly je alespoň z větší části injekční. Na některých místech jsem mohl pozorovat, že bezpečně vychází z granitu. Zda má všechn metatekt původ v granitu, nelze rozhodnout, avšak větší část pravděpodobně ano, pro což svědčí i nerovnoměrnost migmatitizace v závislosti na vzdálenosti od kontaktu.

Kontakt granitu s rulou je poměrně ostrý. Z endokontaktních jevů jsou nápadné zvláště „zchlazené“ aplitické partie při kontaktech. Drobné xenolity a jevy asimilace jsem zjišťoval jen vzácně. Za exokontakt je možno považovat injekční migmatitizaci s injekcemi mm—dm mocnosti. Nejmocnější je diskordantní žíla pegmatitu, migmatitizující rulu (obr. 2).

Kontakt granitu s „erlánem“ jsem pozoroval jen na jednom místě v. stěny horní etáže, byl však špatně přístupný a silně zvětralý. Jako endokontakt zde hodnotím asi 1 cm mocnou polohu silně zvětralé leukokratní horniny a několik dm mocnou polohu kontaktního pyroxenického granitu. Za exokontakt pokládám asi 1 m mocnou polohu drobnozrnného pleťově růžového taktitu. U typického hrubozrnného taktitu, který se nacházel v balvanech na spodní etáži, nebyl přímý kontakt ve stěně odkryt a lze jej pouze předpokládat. Mocnost taktitu v těchto místech odhaduji na několik m, je tedy podstatně menší než v tělese „bludovitu“ u Bludova.

Na rozdíl od MÍSAŘE (1958a, 1959) jsem tedy na lokalitě pozoroval jak kontaktně metamorfní, tak migmatitizační účinky šumperského granitu na horniny pláště. Obojí účinky však zasahují jen do malé vzdálenosti pravděpodobně v metrech až desítkách metrů od kontaktů.

Minerální parageneze:

Při studiu nerostů a minerálních asociací jsem užil paragenetického hlediska. V rozdělení jednotlivých paragenezí jsem se řídil v podstatě podle BERNARDA a kol. (1969). V dalším textu dělím parageneze na lokalitě do šesti skupin, v nichž vyjmenovávám všechny mnou popř. jinými autory zjištěné nerosty včetně akcesorických.

(A) Minerály granitu: Sem řadím kromě nerostů nekontaminovaného granitu i nerosty kontaktního pyroxenického granitu ovlivněného bimetasomatózou.

Zjištěné nerosty: Magnetit, křemen, apatit, granát, allanit, zirkon, titanit, diopsidický pyroxen, biotit, mikroklin, plagioklas (bazický oligoklas — andezín).

Poznámky: Nekontaminovaný granit je chudý na akcesorické nerosty. V kontaktním granitu byly zjištěny nerosty endokontaktních hornin.

(B) Minerály pegmatitů: Zde uvádím pouze nerosty typických hrubozrných pegmatitů neovlivněných vápenatými horninami. Mimo dvou vzorků z balvanů jde o jednu mocnou žílu blokového pegmatitu (obr. 2).

Zjištěné nerosty: Křemen, granát x (almandin-spessartin), allanit, muskovit, biotit, mikroklinperthit, albit.

(C) Minerály rul a migmatitů: K této paragenezi řadím nerosty nemigmatitizovaných a migmatitizovaných rul včetně mocnějších žil leukosomu pronikajících rulou.

Zjištěné nerosty: Křemen, apatit, granát, zirkon, titanit, obecný amfibol, muskovit, biotit, mikroklin, plagioklas (oligoklas-andezín).

(D) Minerály vápenato-silikátových metamorfovaných hornin: Sem patří nerosty různých hornin, parageneticky spolu souvisejících. Jsou to mramory s příměsí, erlány, též v různém stupni migmatitizované, taktit i kontaktní leukosom z mocnějších žil.

Zjištěné nerosty: Grafit, chalkopyrit, pyrhotin, křemen, kalcit, apatit, hesonit (x), vesuvian, titanit (x), epidot, klinozoisit, allanit, diopsidický pyroxen, obecný amfibol, wollastonit, biotit, muskovit, K-živec, plagioklas (oligoklas-labradorit).

Poznámky: Typickými pro všechny horniny jsou diopsidický pyroxen a titanit, pro většinu z nich i hesonit. Wollastonit je nehojný, pouze v taktitech. Diopsidický pyroxen odpovídá diopsidu až salitu ($Z/c =$ až 42°). Hesonit má podle ROLLERA (1978) přibližný průměr složek: 92 % grosulárové, 5 % andraditové, 2 % spessartinové a 1 % ostatních. Celkově je parageneze podobná paragenezím známým z klasických nalezišť v Bludově a okolí Žulové, liší se od nich jen četností výskytu jednotlivých nerostů. Nápadný je sporadický výskyt nerostů s $(OH)^-$ (vesuvian, amfibol, nerosty epidotové skupiny, slídy).

(E) Minerály hydrotermálního původu: Zde řadím do této parageneze jen hydrotermální nerosty, tvořící výplně trhlin a dutin v horninách a žilky vzniklé infiltrací, nezařazuji sem produkty přeměn minerálů. I tak je zařazení některých nerostů (chalcedon, kalcit, prehnit) do této parageneze sporné.

Zjištěné nerosty: Chalcedon, křemen (x), kalcit, epidot (x), prehnit, aktinolit, chlorit, albit x, laumontit, desmín.

Poznámky: Hydrotermální trhlínová parageneze není na lokalitě příliš rozšířená. Převládajícím a typickým minerálem je epidot.

(F) Hypergenní a sekundární minerály: V této paragenezi uvádím jen samostatné minerály, nikoliv směsi nerostů.

Zjištěné nerosty: Limonit, kalcit, malachit, uralit, chlorit, kaolinit.

Poznámky: Hypergenní kalcit má formu sintru. Uralit je nejběžnějším produktem přeměny pyroxenu, optickými vlastnostmi se blíží nejvíce obecnému amfibolu.

Pro představu o chemismu některých minerálů uvádím v tab. 1 jejich spektrografické analýzy (analýza hesonitu podle ROLLERA).

Tab. 1.: Emisní spektrografické analýzy minerálů

Minerál	Prvky hlavní			vedlejší			stopové			
	XO %	X %		0,X %		0,0X %	0,00X% - 0,000X%			
Hesonit z taktitu	Si Ca	Al Fe	Mn	Mg	Ti Na	Cu	Cr, Ga Pb Sn, Ag Ba, Cd Ge Sr			
Salit z taktitu	Si	Ca Mg	Fe	Al Na Mn	K	Ti	Ni			
Prehnit z kontaktního leukosomu	Si Al Ca			Mg	Fe Mn	Na K	Ni Ti			
Saussurit z kontaktního leukosomu	Si Al Ca			Mg Fe K Na	Ba	Sr Mn	Cr Ti Cu Ga Be Zr			
Mikroklin z pegmatitu	Si Al K	Na		Mg Ca Fe	Cr	Ga Ba	Sr Ti Sn Cu Pb Mn			
Granát z pegmatitu	Si Fe	Mn		Al Mg Na Zn		Ga Ca Pb	Cu Cr Zr Ag Sn Ti			

Petrologie:

Petrologické poměry na lokalitě popisují v rámci pěti kumulativních skupin: (A) Granit, (B) Pegmatit, (C) Rula a migmatit s pararulovým substrátem, (D) Vápenato-silikátové horniny a jejich migmatity, (E) Taktit. Petrografické popisy jsou maximálně zestručněny. V závěrečné zprávě (GÁBA 1980) jsou podrobné popisy výbrusů.

(A) Granit:

Na lokalitě je možno rozlišit „normální“ šumperský granit (pevný až silně zvětřalý), jeho okrajovou aplitickou facii a kontaktní pyroxenický granit na styku s „erlánem“.

„Normální“ granit se rovná hornině popsané MÍSAŘEM (1959). Jeho charakteristickými znaky jsou převaha plagioklasu nad mikroklinem, nápadná alotriomorfní mikroklinu, nízký obsah biotitu (kolem 5 %), hojný myrmekit a vždy přítomné příznaky kataklázy. Při použití klasifikace IUGS jde o biotitický granit až leukogranit. Podle MÍSAŘE (1959) je pozdně kinematický.

Okrajovou facii granitu je možno pozorovat na některých místech při kontaktu s rulou v mocnosti cm—dm, výjimečně přes 1 m. Od „normálního“ granitu se liší nápadným nedostatkem biotitu (pod 1 %), někdy i drobnějším zrnem a výskytem granátu, který ve shodě s MÍSAŘEM (1959) lze považovat za příznak asimilace.

Kontaktní pyroxenický granit je endokontaktní hornina, kterou je možno srovnat např. s „kontaminovaným granodioritem“ z Velbět (VAJNER 1969). Ve výbrusu obsahoval 55 % mikroklinu, 25 % křemene, 12 % plagioklasu (oligoklasu), z tmavých nerostů diopsidický pyroxen (6 %) a titanit (1,5 %). Od „normálního“ granitu se liší obsahem tmavých mine-

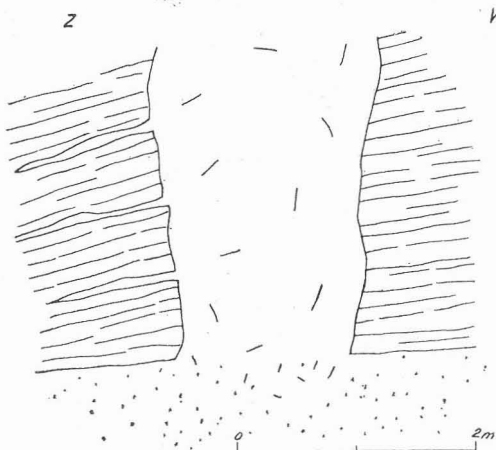
rálů, obráceným poměrem živců a praktickým chyběním zonálního plagioklasu a myrmekitu, jinak je mu podobný. Obsah kontaktních nerostů svědčí o bimetasomatóze.

Studium granitu potvrzuje závěry MÍŠAŘE (1959), které doplňuje o zjištění endokontaktních zón s odlišným složením.

(B) Pegmatit:

Typický pegmatit jsem zjistil pouze v jedné žíle na horní etáži. Jeho geologická pozice je zajímavá: vychází zřetelně ze žuly, diskordantně proráží horniny pláště v mocnosti 1—2 m do hloubky nejméně několika m a sám vysílá do ruly konkordantní žilky metatektu (obr. 2). I petrograficky jde o zajímavou horninu. Je to blokový pegmatit, v němž dominují krystaly bílého mikroklinu cm—dm rozměrů. Místy se již makroskopicky jeví jako velmi hrubě perthitický s albitovými polohami až 15 mm mocnými. Křemen a albit ustupují. Z vedlejších nerostů jsou přítomny v individuích zpravidla přesahujících 1 cm biotit, muskovit a granát s převahou almandinové složky nad spessartinovou. Petrograficky jde o žulový pegmatit.

Obr. 2: Žíla blokového pegmatitu vycházející z granitu do ruly, do níž vysílá injekce aplitického metatektu.



Pokusil jsem se o přibližné určení hloubky jeho vzniku podle LUKAŠEVA (1976). Podle všech příznaků odpovídá pegmatitům středních hloubek s rozmezím 7—15 km a odpovídajícími teplotami 200—500 °C a tlaky 300—400 MPa.

(C) Rula a migmatit s pararulovým substrátem:

Na lokalitě převládá biotitická rula, byla zde však zjištěna celá přechodní řada až k amfibolické rule. Biotitická rula je vždy silně navětralá, proto jsem ji nestudoval ve výbrusech. Její modální složení i chemickou analýzu uvádí MÍŠAŘ (1958a). Podle něj je to jemno- až středozrná plagioklasová rula s asi 20 % biotitu a akcesorickým K-živcem. Obsah biotitu může být místně vyšší. Obsah K-živce v keprnické rule je podle MÍŠAŘE (1958a) přímo úměrný stupni migmatitizace.

Rula s amfibolem (amfibolicko-biotitická, biotiticko-amfibolická a amfibolická) je makroskopicky těžko rozpoznatelná. Tvoří v biotitické rule samostatné polohy nebo se vyskytuje na přechodech do erlánů a mramorů. Názorný případ přechodu byl zastižen ve výbrusu vzorku Te-11. Střídají se v něm paralelní pásy mm mocnosti v pořadí: amfibolicko-biotitická rula — metatekt tonalitového složení — amfibolická rula — metatekt tonalitového složení — erlán. Jde tedy o migmatitizovaný rulo-erlánový chorizmit.

Migmatitizace rul je nerovnoměrná. Celkově v rámci lokality metatekt vůči substrátu značně ustupuje. Tvoří obvykle dobře omezené konkordantní pásy mocnosti ponejvíce v cm. Je jemnozrnný, světlý (aplitický), zpravidla zřetelně usměrněný. Jen v jednom případě (na volném balvanu) jsem zjistil typicky kontaktní leukosom pronikající biotitickou rulou.

Složení metatektu je zajímavé. Pouze ve třech studovaných vzorcích odebraných z bezprostřední blízkosti kontaktu s granitem (do 60 cm) měl složení granitu resp. žulového aplitu s převahou plagioklasu nad podstatně obsaženým mikroklinem. V šesti dalších vzorcích, na nichž nebylo sepětí s granitem zřejmé, měl složení tonalitu s K-živcem obsaženým nejvýše akcesoricky. Tyto tonalitové aplity se od šumperského granitu liší i nedostatkem zonálního plagioklasu a myrmekitu.

Pozoruhodný je vzorek Te-6 z blízkosti kontaktu s granitem. Je to stromatitický migmatit se substrátem složení biotiticko-amfibolické ruly a s metatektem granitového složení, petrograficky blízkým šumperskému granitu. Poněvadž i substrát je až na obsah tmavých minerálů podobný šumperskému granitu (obsahuje mj. 15 % alotriomorfního mikroklinu), lze horninu považovat za přechodný typ mezi heterogenním a homogenním migmatitem, přičemž migmatitizace vychází s největší pravděpodobností ze šumperského granitu.

Je možno potvrdit závěr MÍSAŘE (1958a), že horniny řady rula — amfibolit — erlán — mramor svědčí o primárních sedimentačních rozdílech v parametamorfní sérii. Metamorfity ve studované oblasti patří k amfibolitové facií nízkých až středních tlaků po sillimanitovou izográdu (DUDĚK a kol. 1973). Poněvadž regionální migmatitizace je typická až pro výše temperovanou zónu, je silnější migmatizace na lokalitě spíše kontaktní. Zjištění metatektu tonalitového složení je důvodem k opatrnosti při posuzování stupně migmatitizace podle obsahu K-živce.

(D) Vápenato-silikátové horniny a jejich migmatity:

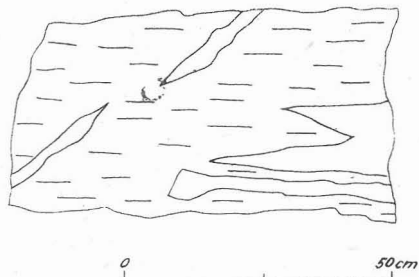
Základní původní horninou pestrých vložek v pararule na lokalitě byl mramor. Laterálně přecházel do erlánu, amfibolitu a různých typů rul. Migmatitizací se poměry zkomplikovaly. Mramor byl obohacen prvky z metatektu, takže se mohl přeměnit na erlán popř. na taktit. Naopak metatekt byl při proniku vápnitými horninami obohacen Ca a tak vznikly různé typy kontaktního leukosomu. Pro kontaktní metamorfózu vápenatých hornin je typická velká proměnlivost, proto je při petrografickém popisu nutná jistá generalizace.

Kalcitický mramor s příměsemi je zelenošedá, převážně drobnozrnná hornina. Obsahuje kolem 70% CaCO₃ (zjištěné hodnoty 59,7 až

81%), z příměsí obsahuje (v sestupném pořadí) diopsidický pyroxen, křemen, plagioklas, akcesoricky mikroklin, titanit, grafit, apatit a siřníky. Vyskytuje se i v balvanech přes 1 m³.

Erlán není na lokalitě tak hojný jako mramor a jeho polohy mají menší mocnost. Dříve byly zde jako erlán popisovány i jiné horniny — zvláště mramor, migmatit s mramorovým substrátem popř. sám kontaktní leukosom a taktit. Makroskopicky se vyznačuje výraznějším zeleným zbarvením. Dominuje v něm zpravidla diopsidický pyroxen, vždy je obsažen kalcit, podstatný bývá i plagioklas [nejčastěji andezín] a křemen, hesonit jen v určitých polohách. Petrograficky jde ve většině případů o kalcitem bohatý erlán. Ve výbrusech lze dokázat, že zčásti vznikl z mramoru bimetasomatózou.

Obr. 3: Balvan migmatitizovaného mramoru s inkrekcemi kontaktního leukosomu.

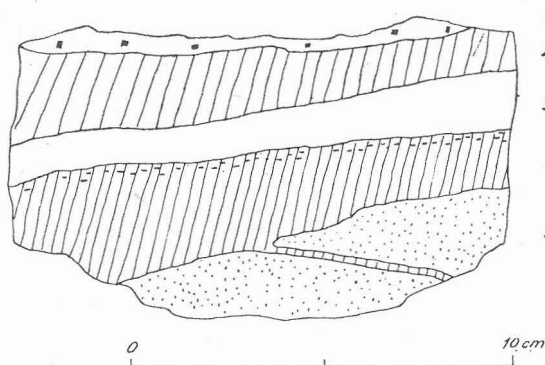


Migmatitizace mramoru a erlánu je poměrně silná, na mnohých vzorcích převládá metatekt nad substrátem. Žíly jsou mocné převážně v cm (variační šíře mm — cca 1,5 m), většinou konkordantní, ale i diskordantní a čočkovité (obr. 3). Kontakt bývá makroskopicky ostrý, někdy s patrnými reakčními lemy. Na typickém vzorku migmatitu s mramorovým substrátem (Te-15) bylo v substrátu 70 % kalcitu, 12 % plagioklasu An₃₆, 8 % křemene a diopsidického pyroxenu, akcesoricky titanit a hesonit. Leukosom měl granitové složení s převahou K-živce, 4 % kalcitu a akcesorický titanit. V přechodné zóně asi 1 mm mocné mizí K-živce, přibývá kalcitu a objevuje se pyroxen. O bimetasomatóze svědčí obsah kalcitu v metatektu a poměrně vysoký obsah světlých minerálů v substrátu.

U migmatitu s erlánovým substrátem předpokládám, že většinou šlo původně o mramor, který byl při migmatitizaci metasomaticky obohacen silikáty. To lze dokázat např. na výbrusu vzorku Te-10, v němž v 15 mm mocném pásku substrátu je kalcit s diopsidickým pyroxenem zhruba v rovnováze, avšak ve středu pásku převládá kalcit v poměru 7 : 3, zatímco na okrajích převládá diopsidický pyroxen a objevuje se plagioklas. Přibývání světlých minerálů a úbytek kalcitu při styku s metatektem jsem pozoroval na více vzorcích.

Bimetasomatické reakce jsou pro tyto kontaktní migmatity typické. Vždy jsou vyvinuty různě mocné reakční zóny, zpravidla s endo- a exo-kontaktní částí [v endokontaktech úbytek až vymizení K-živce, v exo-kontaktech světlé minerály a méně kalcitu]. Reakční zóny bývají 1—5

mm mocné. V soulase s údaji CHÁBA a SUKA (1977) z moldanubika lze předpokládat na kontaktech mramoru s metatektem i taktit. Za taktit by bylo možno označit mocnější reakční polohy s hesonitem popř. wollastonitem. Je to však netypický taktit pro malé rozměry a drobné zrno. Převládá v něm buď hesonit nebo kalcit, ojediněle nacházíme i zóny s wollastonitem (obr. 4). Že na složení substrátu má vliv i primární páskování, svědčí vzorek z obr. 5.



Obr. 4: Vzorek páskovaného taktitu z migmatitu. 1 - mramor s příměsí, 2 - pásek s převahou wollastonitu, 3 - kontaktní leukosom tonalitového složení, 4 - pásek s převahou wollastonitu a hesonitem, 5 - pásek s převahou pyroxenu.

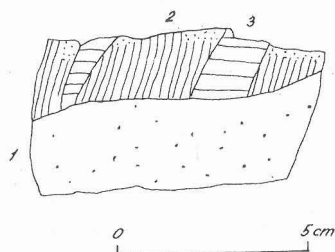
Kontaktní leukosom lze považovat za samostatnou horninu, neboť kromě drobných žilek tvoří i žíly dm rozměrů a vzácně přesahující i 1 m. Ve všech vykazuje určité společné znaky: přítomnost nerostů s Ca, indikujících metastomatózu, převážně drobné (aplitické) zrno a nevýrazné usměrnění. Nejnápadnějším kontaktním nerostem je diopsidický pyroxen ve vyrostlicích mm, zřídka cm rozměrů, vždy je přítomen kalcit a titanit, zřídka hesonit, akcesoricky allanit a apatit. Složení je téměř vždy granitové s převahou K-živce nad plagioklasem (7 vzorků), tonalitové složení mají jen úzké zóny při kontaktech, na jednom vzorku jsem zjistil složení alkalického syenitu. Extrémem je porfyrický kontaktní leukosom z volných balvanů, v němž v drobnozrnné základní hmotě vynikají několik cm velké krystaly mikroklinperthitu.

V žilách kontaktního leukosomu je patrná zonálnost — metasomatóza je silnější při okrajích. Avšak v mocných žilách nacházíme ještě i uprostřed kontaktní nerosty. Metasomatický účinek mramorového substrátu se může projevat i po „výstupu“ žíly z mramoru do ruly. Na vzorku Te-21 z balvanu proráží biotitickou rulu 6 cm mocná žíla kontaktního leukosomu dioritového složení (82 % bazického oligoklasu, 15 % diopsidického pyroxenu ve vyrostlicích, 2 % mikroklinu, akcesoricky křemen a titanit). Na okrajích má zóny s jemnějším zrnem a vyšším obsahem tmavých minerálů.

Nejdůležitější poznatky o této skupině hornin lze shrnout takto: Převládající původní horninou byl mramor, snad podobný příměsemi bohatému mramoru z hrabenovského ostrova s pyroxenem a hesonitem. Při injekční migmatitizaci byl obohacen silikáty a často přeměněn až na erlán popř. na taktit. Zajímavý je výskyt wollastonitu při kontaktech s metatektem. Složení metatektu je v celé mocnosti žil (i přes 1 m) ovlivněno bimetasomatózou, projevující se vznikem kontaktních nerostů. Látková zonál-

nost, často s výraznými endo- i exokontakty, je patrná v substrátu i v metatektu. Jde o injekční migmatizaci s přínosem granitického materiálu.

Obr. 5: Detail styku leukosomu s „erlánem“. 1 - kontaktní leukosom s pyroxenem, 2 - taktit s převahou hesonitu resp. kalcitu [hnědý pásek], 3 - taktit s převahou pyroxenu [zelený pásek].



(E) Taktit:

Taktit z kontaktů mramoru s metatektem jsem popsal spolu s migmatity. Zde popisují jen pleťově růžový taktit z přímého styku s granitem na horní etáži a typický taktit z balvanů na spodní etáži, kde přímý styk s granitem předpokládám.

Taktit z přímého kontaktu je netypický. Je drobnozrný a má málo výraznou zonálnost. Ve výbrusu vzorku Te-19 jsem zjistil 55 % hesonitu, 35% kalcitu, jako vedlejší nerosty křemen, wollastonit a diopsidický pyroxen, akcesoricky apatit.

Typický je taktit ze spodní etáže, připomínající taktity z okolí Žulové. Jeho zrno kolísá od drobného do velkého, má dobře patrnou zonálnost a monominerální zóny. Dominuje v něm hesonit, vyskytující se v agregátech, drúzách i krystalech přes 1 cm. Vzorky hesonitu jsou atraktivní i sběratelsky. Ve větších krystalech se nachází i diopsidický pyroxen, plagioklas (andezín) a titanit. Kalcit a křemen jsou koncentrovány v zónách. Ve výbrusu jsem našel i K-živec jako vedlejší minerál. V určitých partiích je makroskopicky patrný pyrhotin, vzácnější je chalkopyrit. Ojedinele byl nalezen vesuvian (pouze ROLLER 1978) a primární epidot. Petrograficky významný je výskyt wollastonitu. Není hojný a jeho polohy mají převážně jen mm—cm rozměry, pouze v jednom případě přesáhla jeho mocnost 10 cm. Vyskytuje se v agregátech bělavé, nahnědlé a narůžovělé barvy v asociaci popř. prorostlý s kalcitem, diopsidem, hesonitem a křemenem. Sukcesní vztahy v taktitu jsou složité a na malém počtu vzorků je nelze řešit. Kalcit je vždy nejmladším nerostem a také K-živec, pokud je přítomen, je mladší než ostatní součásti.

Wollastonit je nerost typický pro kontaktní metamorfózu ve facii amfibolických rohovců a zejména pyroxenických rohovců. V regionálně metamorfovaných horninách se objevuje až v nejdříve temperované zóně amfibolitové facie (MIYASHIRO 1976) a v keprnické klenbě nebyl také dosud mimo Bludov a Rejchartice popsán. Z malého rozšíření a omezení na úzké zóny v taktitu v Horní Temenici je možno usuzovat, že teplota na kontaktech zde nedosáhla na rozdíl od Bludova a Žulové teplot charakteristických pro facii pyroxenických rohovců a kontaktní metamorfóza proběhla za teplot patrně převyšujících 550 °C, avšak nedosahujících 600 °C, pro což svědčí i malá mocnost taktitu.

Regionální a kontaktní metamorfóza byly na lokalitě faciálně velmi sblíženy. Pro obě je význačná v amfibolitových faciích asociace hesonit — diopsid — křemen — kalcit — živec. U kontaktní metamorfózy přistupuje k této asociaci i wollastonit.

Závažnou petrologickou otázkou je složení a původ metatektu. Složení metatektu na studované lokalitě je překvapivě variabilní a vykazuje určité zákonitosti, jak je patrné z tab. 2. V důsledku malého počtu studovaných vzorků lze na ně jen upozornit bez jakékoliv generalizace nebo pokusu o vysvětlení. Leukosom pronikající rulou má převážně tonalitové složení, v bezprostřední blízkosti žuly granitové. Kontaktní leukosom z vápenato-silikátových hornin má zcela odlišné granitové složení (odlišné i od složení šumperské žuly, avšak shodné s kontaminovaným granitem), přecházející až do složení alkalického syenitu. Bezprostředně při kontaktech se substrátem má však složení tonalitu. Vzorek kontaktního leukosomu prorážejícího rulu měl dioritové složení.

Tab. 2.: Složení křemen-živcových hornin (použito 2 analýz MÍŠAŘE)

Hornina	K-živec	Plagioklas	Křemen	Biotit	Kont. miner.
Biotitická rula	akc.	35	44	+	—
Granit	25—30	40—45	25—30	+	—
Kontaktní granit	55	12	25	—	+
Leukosom z ruly	0—20	35—60	45—55	akc.	—
Leukosom z přechodné zóny rula - erlán	akc.	60	40	—	—
Kontaktní leukosom z ruly	2	82	akc.	—	+
Kontaktní leukosom z mramoru - erlánu	40—90	1—30	0—35	— akc.	+

Z lokality popř. jejího okolí je v literatuře pro srovnání složení metatektu málo údajů. Z Horní Temenice udává KRETSCHMER (1908) „bílou plagioklasovou horninu“, o jejíž pozici nelze nic bližšího říci. Z Bludova a Rejchartic popisuje aplity na kontaktu s „erlány“ jako horniny granitového složení. Metatekt jiného než granitového složení bývá vůbec jen zřídka popisován. Např. FIŠERA (1977) popisuje z kutnohorského krystalinika metatekt pronikající rulou, který má složení tonalitu.

Pokud jde o původ metatektu, lze u části žil pronikajících rulou přímo pozorovat, že vychází ze šumperského granitu. U větší části to vzhledem k nepříznivé orientaci stěn nelze dokázat. Podle geologické situace je však pravděpodobné, že většina, popř. všechen metatekt na lokalitě po-

cháží skutečně ze šumperské žuly. Podle petrografických kritérií nelze tuto otázku jednoznačně řešit. Složení metatektu nekoresponduje se složením granitu, v některých znacích (zvláště v zrnitosti, stupni kataklázy a přeměny) se s ním však shoduje. Zjištění reakčních lemů a taktitu na styku metatektu s mramorem není bezpečným důkazem kontaktní migmatitizace, neboť podle SUKA (1979) jsou tyto jevy známy i z areálů regionální migmatizace. Je tedy možno uzavřít, že migmatizace na lokalitě zčásti jistě, ve svém celku pak pravděpodobně vychází ze šumperského granitu.

Zvětrávání:

Orientačně jsem se zabýval i otázkou zvětrávání hornin, která je zde důležitá z hlediska těžby. Stupeň zvětrání je zde vcelku silný, převládají rozpadavé horniny. Vedle nich však vystupují i horniny zcela pevné. V sz. části lomu vystupuje pevné „jádro“ žuly až téměř k povrchu, jv. směrem intenzita zvětrávání poměrně rychle roste. V j. části lomu jsou horniny intenzívně zvětralé do hloubky několika desítek metrů pod povrchem.

Na první pohled je zřejmá rozdílná odolnost jednotlivých hornin vůči zvětrávání. Nejodolnější jsou vápenáto-silikátové horniny a žilný leukosom, dále následuje žula, pegmatit, horniny s amfibolem a nejvíce podléhá zvětrávání biotitická rula. Tato řada koresponduje tedy do značné míry s obsahem biotitu v horninách.

Fyzikální zvětrávání převládá nad chemickým. I u zcela dezintegrovaných hornin nebyl pozorován podstatnější rozklad biotitu nebo pokročilá kaolinizace živce. Krasové jevy v mramorech dosahují jen malých rozměrů. Jsou to mělké škrapy a dutiny (resp. kavernózní škrapy) max. rozměrů 26 × 20 × 18 cm, ze sekundárních krasových jevů sintrové kůry a povlaky v trhlinách do 7 mm.

Hlavními příčinami rozdílného stupně zvětrání je minerální složení (zejména obsah biotitu), stupeň tektonického porušení a s nimi související průběh bazální zvětrávací plochy. Jde zde patrně o fosilní terciérní zvětralinu (viz ŽEBERA 1978).

ZÁVĚRY

1. V Horní Temenici je odkryt přímý kontakt šumperského granitu s pláštěm, na němž byly dokázány migmatitizační a kontaktní účinky granitu na metamorfované horniny keprnické klenby do vzdálenosti minimálně několika desítek metrů. Je tedy třeba revidovat tvrzení, že na styku šumperského tělesa s pláštěm nebyly pozorovány žádné kontaktní jevy ani migmatitizace (SVOBODA a kol. 1964).

2. Migmatitizace hornin pláště vychází zčásti jistě, z největší části pravděpodobně, ze šumperského granitu. Nelze však vyloučit starší málo intenzívní regionální migmatitizaci.

3. Složení metatektu je velmi variabilní ve zřejmé závislosti na složení pronikaných hornin a kolísá mezi složením alkalického syenitu a tonalitu.

4. Kontaktní metamorfózou vápnatých hornin pláště vznikl taktit a jevy bimetasomatózy s endo- a exokontakty.

5. Stupeň regionální a kontaktní metamorfózy je na lokalitě velmi sblížen. Odpovídá amfibolitové facii resp. facii amfibolických rohovců.

6. Geneze kontaktních jevů na blízkých lokalitách Bludov a Rejchartice je zřejmě podobná. V Rejcharticích byly podmínky metamorfózy velmi blízké podmínkám v Horní Temenici, v Bludově byly odlišné termické podmínky a také rozměry tělesa mramoru.

LITERATURA

- BERNARD, J. H. a kol. (1969): Mineralogie Československa, 396 str., Academia Praha.
- BRENZOVA, B. (1956): Výskyty erlánů na Šumpersku (Diplomová práce). Univerzita J. E. Purkyně. Fakulta přírodovědecká, 53 str., Brno.
- BUKOWSKI, G. (1890): Geologische Aufnahmen in dem kristallinischen Gebiete von Mährisch-Schönberg. Verh. geol. Reichsanstalt, **17**, 323—334, Wien.
- BUKOWSKI, G. (1892): Reisebericht aus Nordmähren. Die Umgebung von Müglitz und Hohenstadt und das Gebiet von Schönberg. Verh. geol. Reichsanstalt, **13**, 327—331, Wien.
- DUDEK, A. a kol. (1973): Mapa metamorfní stavby ČSSR. Ústř. úst. geol. Praha.
- FÍŠERA, M. (1977): Erlán s krystalickým dolomitem z Kutné Hory. Čas. Nár. mus., odd. přír., **146**, 162—164, Praha.
- GÁBA, Z. (1980): Záchraný výzkum kontaktu šumperského granitu s pláštěm v lomu v Horní Temenici (okr. Šumperk). Závěrečná práce resortního výzkumného úkolu R 21/3-C-9. MS, 92 str., 26 obr. příl. Národní muzeum, Přírodovědecké muzeum, Praha.
- HEJTMAN, B. (1977): Petrografie, 261 str., SNTL/Alfa, Praha — Bratislava.
- CHÁB, J. — SUK, M. (1977): Regionální metamorfóza na území Čech a Moravy, 156 str., Ústř. úst. geol. Praha.
- KAMENICKÝ, J. (1975): Návrh IUGS na klasifikáciu a nomenklatúru plutonických hornín. Mineralia slov., **7**, [1-2], Spišská Nová Ves.
- KOVERDYNŠKÝ, B. (1969): K otázce stáří krystalinických sérií v oblasti Jeseníků. Práce odboru přír. věd VÚ v Olomouci č. 17, 31 str., Olomouc.
- KRETSCHMER, F. (1908): Die Petrographie und Geologie der Kalksilkatfelse in der Umgebung von Mähr.-Schönberg. — Jb. K. — Kön. geol. Reichsanstalt, **58**, (3), 527—572, Wien.
- KRUŽA, T. (1966): Moravské nerosty a jejich literatura 1940—1965, 379 str., Moravské muzeum Brno.
- KRUŽA, T. (1977): Příspěvky k moravské topografické mineralogii XIV. Čas. Morav. muz. v Brně, Vědy přír., **62**, 7—30, Brno.
- LUKAŠEV, A. N. (1976): Glubiny obrazovaniya pegmatitov, 151 str., Nēdra Moskva.
- MAREK, F. (1971): Geologická zpráva s výpočtem zásob na ložisku Temenice, 18 str., MS, OSP Šumperk.
- MÍSAŘ, Z. (1958a): Stratigrafie, tektonika a metamorfóza krystalinických sérií v jižní části keprnické klenby. Rozpr. Čs. akad. věd. Ř. mat.-přír. věd, **68**, (13), 1—79, Praha.
- MÍSAŘ, Z. (1958b): Příspěvek k stratigrafii a metamorfóze erlánových poloh v keprnické klenbě. Věst. ÚÚG, **33**, 187—192, Praha.
- MÍSAŘ, Z. (1959): Geologicko-petrologická studie šumperského granodioritového tělesa. — Sbor. Ústř. úst. geol., **25**, 335—376, Praha.
- MIYASHIRO, A. (1976): Metamorfizm i metamofičeskije pojasa, 236 str., Mir Moskva.
- ROLLER, L. (1978): Mineralogické poměry okolí Horní a Dolní Temenice (Rigorosní práce). Univerzita Palackého, fakulta přírodovědecká, 54 str., Olomouc.
- SLÁDEK, R. (1961): Nové přírůstky ve sbírkách mineralogického oddělení VÚ a poznámky k jejich nalezištím. Zpr. Vlastivěd. úst. v Olomouci, **96**, 2—5, Olomouc.
- SUK, M. (1979): Petrologie metamorfovaných hornin, 255 str., Academia Praha.
- SVOBODA, J. a kol. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000 M-33-XXIII, Česká Třebová. Ústř. úst. geol. Praha.
- SVOBODA, J. a kol. (1964): Regionální geologie ČSSR I. Český masiv 1. Krystalinikum, 377 str., Ústř. úst. geol. Praha.
- VAJNER, V. (1967): Diopsidický taktit z Velběh. Čas. Mineral. geol. **12**, 385—394, Praha.
- ŽEBERA, K. (1978): Nástin vývoje fosilních půd v Českém masívu. Geol. průzk., **20**, 14—16, Praha.

**DER KONTAKT VON ŠUMPERK-GRANIT MIT DEM MANTEL IN HORNÍ TEMENICE
(Bez. Šumperk, Nord-Mähren, ČSSR)**

In der vorliegenden Arbeit sind die Ergebnisse der geologischen, mineralogischen und petrologischen Untersuchungen im direkten Kontakt des Granits mit seinem kristallinischen Mantel beschrieben, die in einem offenen Steinbruch vorkommen. In der Lokalität ist der Kontakt des spätektonischen Granits von Šumperk-Massiv mit den metamorphen präkambrischen oder paläozonischen Gesteinen des Silesikum entdeckt. Der Aufschluss wurde seit 1890 von mehreren Autoren kurzgefasst beschrieben.

Der im unteren Teil des Steinbruches aussteigende Granit wird als 20—35 m mächtige Apophyse des Massivs interpretiert. Im Hangenden sind die Gesteine des Mantels bemerkbar, darunter dominiert Biotitgneis. Im Gneis gibt es konforme Eingelagerungen der bunten Gesteine — Marmore, Erlane (Kalksilikatgneise) und Paraamphibolite (Abb. 1). Die Gesteine des Mantels sind durch zahlreiche Gänge und Adern von Pegmatit, Aplit und Leukosom von einer Mächtigkeit bis zu 2 m durchbrochen (Abb. 2).

Der Kontakt des Granitmassivs mit seinem Mantel ist diskordant und relativ scharf. Am Kontakt vom Granit mit Gneis kann man die aplitische, cm—dm mächtige Lage, als Endokontakt bewerten. Für Exokontakt kann man die injektive Migmatisierung halten, die sich im Hinblick zu den Ausmassen des Bruches bis ca 20 m von dem Kontakt bemerkbar macht. Leukosom hat vorwiegend tonalitische, in enger Nähe von Granit dann granitische Zusammensetzung.

An dem Kontakt des Granits mit dem Marmor ist es möglich die bimetasomatischen Wirkungen zu beobachten. Im Endokontakt kommt hier kontaminierter Granit mit diopsidischem Pyroxen und Titanit vor. Im Exokontakt ist ein Kalksilikathornfels (Taktit) von einiger m Mächtigkeit zugeschaffen, mit der Grundparagenese: Hesonit + diopsidischer Pyroxen + Kalzit + Quarz + Plagioklas (Andesin) + (untergeordneter Wollastonit).

Die Kontaktmigmatisierung vom kalzitischen Marmor ist stark. An Kontakten des Leukosoms mit Marmor sind die Wirkungen der Bimetasomatose und die Reaktionszonen bis Taktit entstanden (Abb. 4). Leukosom weist überwiegend die granitische Zusammensetzung aus und wurde metasomatisch mit den Silikaten und Kalzit bereichert und stellenweise bis zu Kalksilikatfels verändert. Interessant ist die Feststellung, dass im Leukosom in den Zonen dicht beim Kontakt mit dem Substrat (1—7 mm) K-Feldspat verschwunden ist.

In der beschriebenen Lokalität hat Granit die schon früher regionalmetamorphe (bzw. schwach migmatisierte) Gesteine kontaktmetamorphiert. Die Regional- und Kontaktmetamorphosen sind hier fazial sehr nahe gebracht (Amphibolit- resp. Amphibolhornfels-Fazies). In der nur 3,5 km entfernten klassischen Lokalität Bludov hat die Kontaktmetamorphose die Pyroxenhornfels-Fazie erreicht.

Abb. 1: Die schematische Skizze der Wand an oberer Etage. 1 — Kontaktmigmatisierter Gneis, 2 — Kontaktmigmatisierte Kalksilikatgesteine.

Abb. 2: Der Gang von Blockpegmatit im Gneis mit Andern von aplitischem Leukosom.

Abb. 3: Ein Block von migmatisiertem Marmor mit den Injektionen von aplitischem Leukosom.

Abb. 4: Gebändeter Taktit aus Migmatit. 1 — Marmor, 2 — Streifen mit Wollastonit, 3 — Kontaktleukosom, 4 — Streifen mit Wollastonit und Hesonit, 5 — Streifen mit Diopsid.

Abb. 5: Kontakt vom Leukosom mit dem Kalksilikatfels. 1 — Kontaktleukosom mit Diopsid, 2 — Kalksilikatfels (Übergewicht von Hesonit - braun), 3 — Kalksilikatfels (Übergewicht von Diopsid - grün).