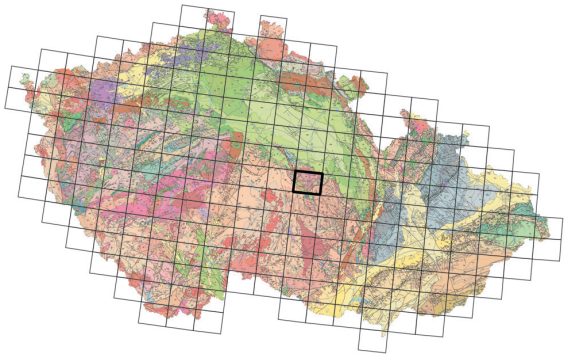
Magnetické stavby (AMS) granitoidních a gabroidních hornin nasavrckého plutonického komplexu v Železných horách

Magnetic fabrics (AMS) of the granitoids and gabbroic rocks of the Nasavrky Plutonic Complex, Železné hory Mts.

Štěpánka Mrázová [1*] – Karel Schulmann [1] – František Hrouda [2] – Marta Chlupáčová [3]

[1*] Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5; stepanka.mrazova@geology.cz
[1] Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1; karel.schulmann@geology.cz
[2] AGICO, s. r.o., Ječná 1321, 621 00 Brno; fhrouda@agico.cz
[3] Boháčova 866/4, 149 00 Praha 4; mchlupacova@upcmail.cz

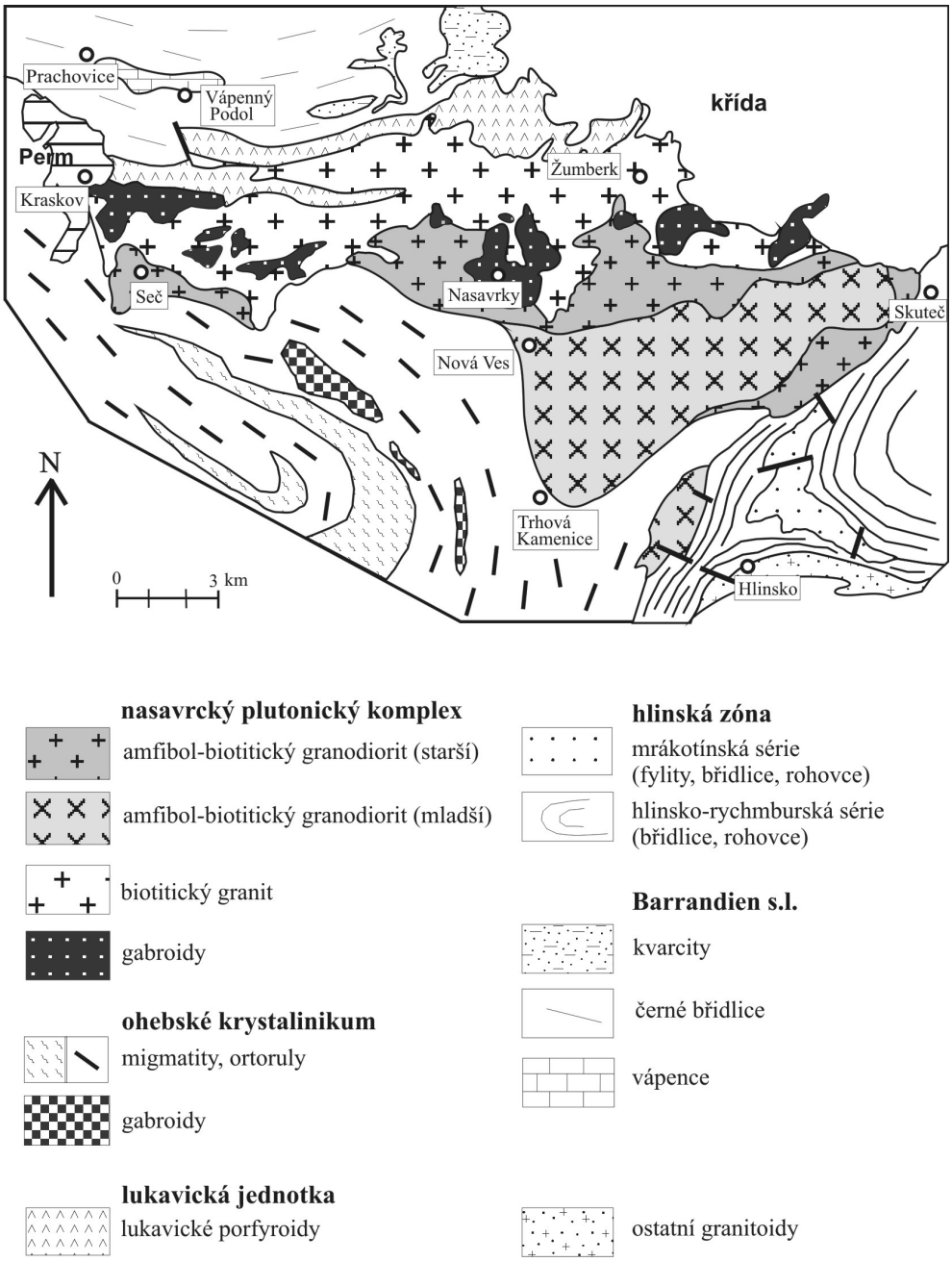
Key words: *AMS, granitoids, gabbroic rock, Nasavrky Plutonic Complex, Železné hory Mts.*



(13-44 Hlinsko)

Abstract: The Nasavrky Plutonic Complex crops out in the central and south-eastern parts of the Železné hory Mts. between two major lithological units: the Bohemicum or Barrandian s.l. at the north, and the Moldanubian at the south. The igneous complex appears as a polyphase intrusion of Variscan calc-alkaline granitoid and gabbroic magmas. The igneous complex is divided into three E-W trending lithological belts: southern belt of granodiorites (older and younger), central belt of gabbroic rock and northern belt of biotite granites. The fabrics of granitoids and gabbroic rocks were investigated by means of anisotropy of magnetic susceptibility (AMS). The magnetic fabrics in the older granodiorite are generally very steep up to vertical and parallel to those in their mafic microgranular enclaves (MME) and were formed during the magma emplacement. The magnetic foliation in the younger granodiorite is very variable and different from the older granodiorite and the magnetic lineation is mostly very flat. The degree of AMS is low and corresponds to the magma flow. The fabrics of gabbroic rocks of the central belt are consistent with its E-W orientation with variable dips. The orientations of magnetic foliation and lineation in biotite granite of the northern belt are variable but predominantly steep. The biotite granite shows lower degree of AMS than the gabbroic rocks.

Nasavrcký plutonický komplex vystupuje v centrální a jv. části Železných hor (obr. 1) na rozhraní dvou významných litologických jednotek: na severu bohemika, respektive Barrandienu s.l., tvořeného slabě metamorfovanými až nemetamorfovanými sedimenty a vulkanity svrchního proterozoika a spodního paleozoika, a na jihu moldanubika se silně metamorfovanými horninovými komplexy. V nasavrckém plutonickém komplexu, který je tvořen variskými, vápenato-alkalickými granitoidními a gabroidními intruzemi (Vachtl 1975, 1979) jsou rozlišeny tři v.-z. orientované horninové pásy – jižní granodioritový, centrální gabroidní a severní granitový. V granodioritovém pásu Vodička (1963) rozlišil dva nejrozšířenější horninové typy: „skutečský“ a „švihovský“. Knotek (1989) a Táborská (1997) uvádějí charakteristické rysy pro „švihovský“ (starší) typ, který je středně zrnitý, s dobře vyvinutou magmatickou stavbou definovanou tmavými minerály, uzavírající mafické magmatické enklávy. „Skutečský“ (mladší) typ popisují jako drobnozrnný, s nevýraznou fluidální texturou bez mafických magmatických enkláv, který proniká nebo uzavírá bloky „švihovského“ typu. Pro gabroidní pás je charakteristická jedna z nejintenzivnějších magnetických anomálií v Českém masivu (Dědáček et al. 1984). Přehled výsledků starších geologických prací podává ve svých zprávách Vodička (1955, 1962). Studiu tektonických poměrů nasavrckého plutonického komplexu je věnována práce Chmelaře a Veselého (1968), analýzou vnitřní stavby se zabýval Beneš (1963). Petrogenezi a strukturní charakteristice jednotlivých intruzí je věnována disertační práce Táborské (1997). Strukturní výzkum spočíval ve studiu anizotropie magnetické susceptibility (AMS) ve spojitosti s mezoskopickým strukturním výzkumem jak magmatických hornin plutonického komplexu, tak okolních geologických jednotek. Naše práce navázala na studii Hroudy a Chlupáčové (1980), v níž jsou prezentována první data o AMS granitoidních hornin nasavrckého masivu a magnetické vnitřní stavby, které jsou klasifikovány jako stavby vzniklé převážně magmatickým tokem.



Obr. 1. Geologické schéma nasavrckého plutonického komplexu.

Metodika

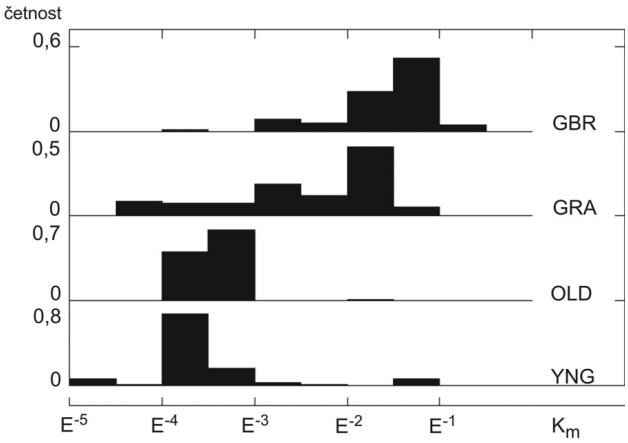
Pro měření AMS byly odebrány orientované vzorky na celkem 67 lokalitách (tab. 1), které zahrnovaly 10 lokalit staršího amfibol-biotitického granodioritu, 2 mafické magmatické enklávy, 20 lokalit mladšího amfibol-biotitického granodioritu, 5 žilných leukogranitů, 15 lokalit biotitického granitu, 8 lokalit gabroidů a 7 lokalit z jz. a z. okraje okolních geologických jednotek. AMS byla měřena na střídavém můstku KLY-3S (Jelínek 1981). Pro identifikaci magnetických minerálů byla změřena teplotní závislost magnetické susceptibility na přístroji CS-3 spojeném se střídavým můstkem KLY-3S. Naměřená data byla zpracována statistickým programem ANISOFT. Orientace magnetické lineace a pólů magnetické foliace jsou zobrazeny v plochojevné projekci na spodní polokouli.

Magnetické stavby

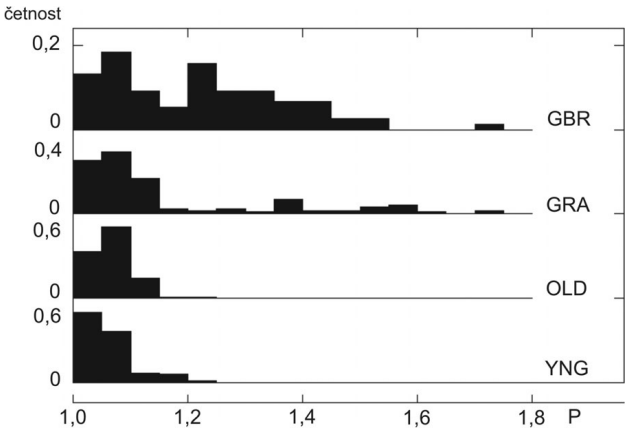
Střední magnetická susceptibilita (k_m) staršího granodioritu je poměrně nízká, většinou v řádu 10^{-4} [SI] (viz obr. 2); termomagnetická analýza ukázala, že je ovlivněna především obsahem paramagnetického amfibolu a biotitu a velmi malým množstvím ferimagnetického magnetitu (Hrouda et al. 1999). Starší granodioritovou intruzi s dobře vyvinutou magmatickou stavbou charakterizuje poměrně nízký stupeň AMS (obr. 3), který odpovídá magmatickému toku. V kontaktní zóně s okolním litologickým prostředím je pronikání magmatu ovlivněno tak, že výsledný stupeň anizotropie je vyšší. Elipsoidy AMS jsou většinou oblátní (obr. 4). Magnetická foliace je většinou strmá (obr. 5). V centrální části má orientaci V-Z, v západní SZ-JV, ve východní části SV-JZ. Magnetické lineace velké části vzorků

Tabulka 1. Odebrané horninové vzorky pro anizotropii magnetické susceptibility

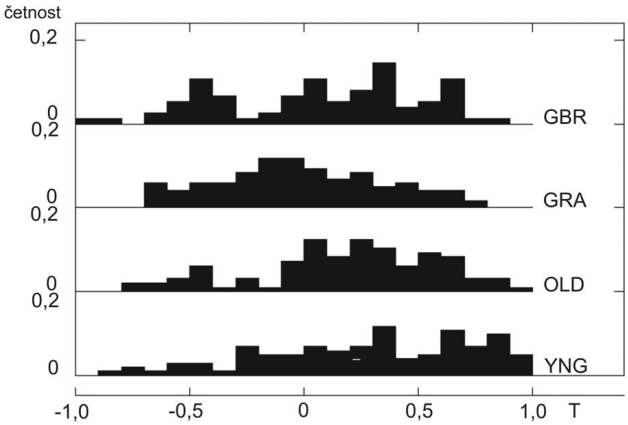
horninový typ	lokalita									
amfibol-biotitický granodiorit jižního pásu (starší)	NP124	Hr.12	NP196	NP20	NP200	NP100	NP5	NP102	NP7S	NP201
mafické enklávy ze starších amf.-biot. granodioritů	NP20	NP6								
amfibol-biotitický granodiorit jižního pásu (mladší)	Hr.9	Hr.5	NP80	NP86	NP84	Hr.4	NP21	NP123	Hr.7	NP105
	NP101	NP97	NP92	NP99	Hr.8	NP6	NP120	NP122	NP7M	NP132
žilný leukogranit, aplit z oblasti amf.-biot. granodioritů	NP114Ž	NP20Ž	NP105Ž	NP97Ž	NP120Ž					
růžové biotitické granity severního pásu	Hr.14	NP57	NP207	Hr.11	NP78	NP205	Hr.10	NP16	NP206	NP70
	NP110	Hr.6	NP109	NP154	NP106					
gabroidy drobných těles centrálního pásu	NP203	NP3	NP95	NP95B	NP79	NP108	NP114	NP9		
horniny při jz.-z. okraji s NPK	NP1	NP35B	Hr.3	Hr.2	Hr.1	Hr.13	NP174			



Obr. 2. Histogram střední magnetické susceptibility. Zkratky pro horninové typy (obr. 2–4): YNG – mladší granodiorit, OLD – starší granodiorit, GRA – granit, GBR – gabroidní horniny.



Obr. 3. Histogram stupně anizotropie ($P = k_1/k_3$, kde $k_1 \geq k_2 \geq k_3$ jsou hlavní susceptibility).

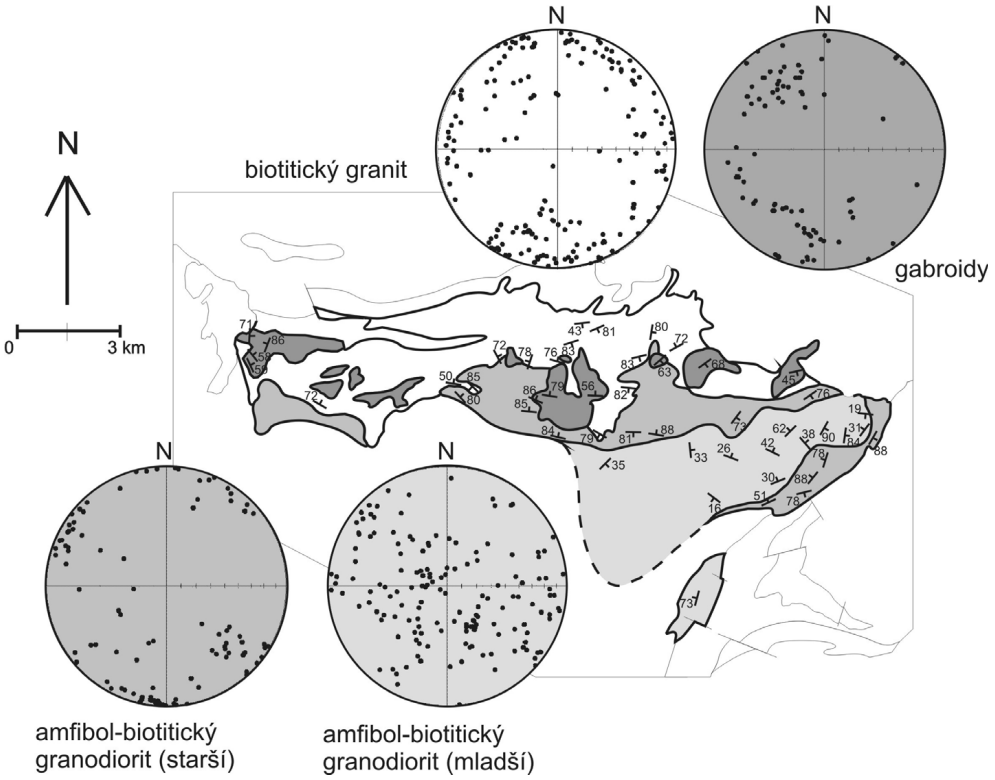


Obr. 4. Histogram tvarového parametru *T*.

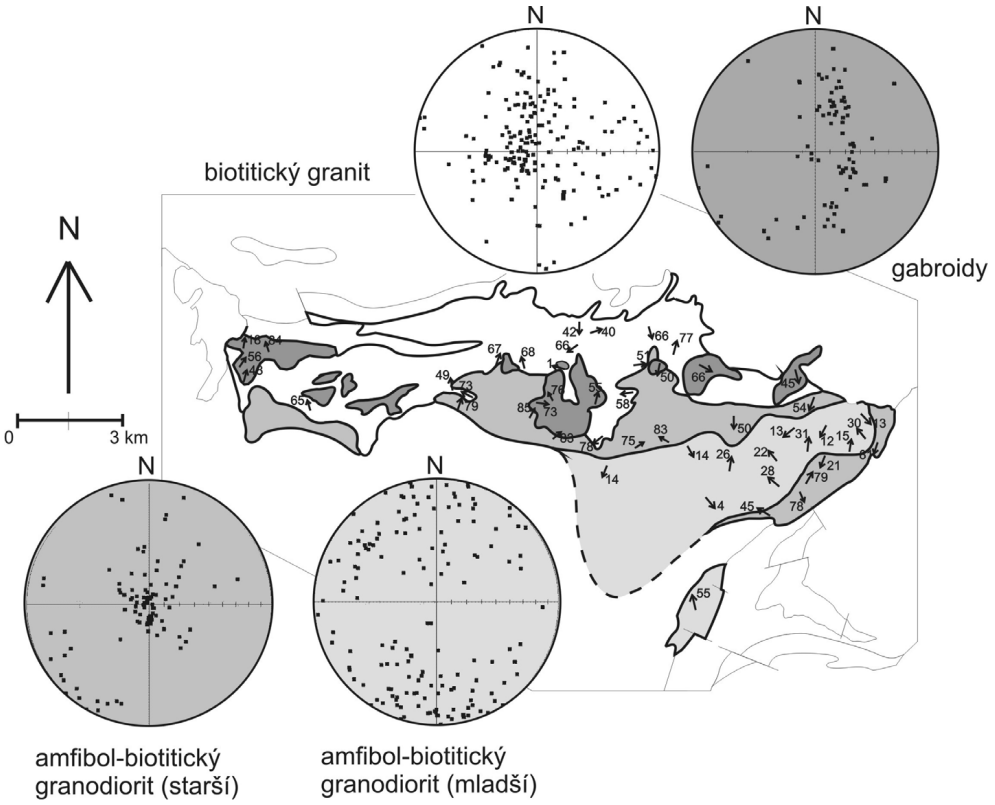
jsou strmé až vertikální, ale u menší části vzorků mohou být i subhorizontální (obr. 6). Velmi strmé magnetické foliace i lineace většiny vzorků pravděpodobně indikují vertikální směry pohybu magmatu a starší granodiorit tak představuje přívodní dráhu magmatu.

Střední magnetická susceptibilita mladšího granodioritu, který má jen nevýraznou magmatickou stavbu, je také poměrně nízká, většinou v řádu 10^{-4} [SI] (viz obr. 2). Mladší granodioritová intruze se vyznačuje velmi nízkými hodnotami stupně AMS (obr. 3), proniká do starší granodioritové intruze s nevýrazným silovým příspěvkem formou magmatického stopingu. Tvarový parametr většinou indikuje mírně oblátní až silně oblátní tvary (obr. 4). Magnetické foliace mají velmi proměnnou orientaci, od prakticky vertikálních po prakticky horizontální, jejich póly mají tendenci vytvářet široký pás orientovaný SZ-JV (obr. 5). Magnetická lineace má většinou jen malé sklony, a její hlavní maximum je orientované S-J (obr. 6). Ploché magnetické foliace pravděpodobně odrážejí deformaci magmatu způsobenou tlakem magmatických spoust proti nadloží tělesa.

Střední magnetická susceptibilita biotitického granitu je dosti proměnná, většinou však podstatně vyšší než u obou typů granodioritů (viz obr. 2). Hlavními nositeli susceptibility jsou především magnetit a hematitizovaný magnetit. Stupeň AMS je variabilní, ale vyšší, než mají granodiority (obr. 3). Slabě narůstá ke kontaktní zóně s gabroidními a granodioritovými horninami. Velmi vysokých hodnot stupně AMS dosahuje mylonitizovaný biotitický granit u Mezisvětí a Podlíšťan. Elipsoidy AMS jsou variabilní,



Obr. 5. Strukturní mapa magnetické foliace.



Obr. 6. Strukturní mapa magnetické lineace.

kolísají od středně prolátních k intenzivně oblátním (obr. 4). Magnetická foliace je středně až velmi strmá (obr. 5). V severní oblasti (Žumberk, údolí Chrudimky) je strmá, orientovaná SV-JZ, až paralelní s okolními horninami lukavické skupiny. Sklon magnetické lineace je variabilní, zapadá k ZZJ nebo k VVS. V západní oblasti u Křižanovické přehrady je magnetická foliace strmá, orientovaná S-J. Magnetické lineace jsou ukloněny 45° k S. V centrální a jižní části v kontaktní oblasti s granodioritovým pásem je magnetická foliace strmá, orientovaná SZ-JV až V-Z. Magnetická lineace má variabilní sklon k Z nebo k V. Obraz orientací magnetických foliací a lineací je dosti podobný

tomuto obrazu u staršího granodioritu. Velmi strmé magnetické foliace i lineace velké části vzorků rovněž zde mohou indikovat vertikální směry pohybu magmatu.

Střední magnetická susceptibilita gabroidních hornin je v průměru ještě vyšší než u granitu, většinou v řádu 10^{-2} [SI]. Hlavním nositelem susceptibility je zjevně magnetit, případně hematitizovaný magnetit. Stupeň AMS je též vyšší než u granitu a granodioritu (obr. 3). Tvar elipsoidu AMS je variabilní (obr. 4), mění se ze silně prolátního na trojosý (západní a sv. oblast gabroidního pásu, např. Bošov, Částkov, Ochoz) až po silně oblátní (Vrbatův Kostelec). Magnetické foliace v západní a centrální oblasti jsou orientované SZ-JV až V-Z se sklony 60° k S až k SV (obr. 5). Gabroidy sv. až v. oblasti mají magnetické foliace orientované SV-JZ se sklonem k JV. Magnetické lineace jsou variabilní, ukloněné především k JV, méně k JJZ, vytvářejí strmý pás orientovaný přibližně S-J (obr. 6). Podrobnější analýza ukazuje, že magnetické lineace jsou přibližně rovnoběžné se spádnicemi magnetických foliací. Tyto orientace mohou indikovat vertikální střihy horniny buď ve stavu magmatickém, nebo mírně postmagatickém, kdy hornina je ještě duktilní.

Závěr

Z našich výzkumů vyplynulo, že obě granodioritové intruze se liší nejen látkově, ale také strukturně. Starší intruze je charakteristická především subvertikální magnetickou foliací a lineací, která je shodná i s orientací mafických magmatických enkláv (MME) uzavíraných v této intruzi (Hrouda et al. 1999). Mladší intruze je charakterizovaná naopak převážně plochou magnetickou foliací i lineací u velké části vzorků, pouze v j. a sv. oblasti této intruze jsou magnetické foliace strmé. Obě granodioritové intruze mají úzké rozpětí střední magnetické susceptibility, což pravděpodobně svědčí o relativně vysoce homogenním magmatu a jeho dobrém promísení. Také stupeň anizotropie (P) je nízký a odpovídá magmatickému toku. Velmi strmé magnetické foliace i lineace většiny vzorků staršího granodioritu pravděpodobně indikují vertikální směry pohybu magmatu a starší granodiorit tak představuje přívodní dráhu magmat do oblasti. Ploché magnetické foliace i lineace mladšího granodioritu pravděpodobně odrážejí deformaci magmatu způsobenou tlakem magmatických spoust proti nadloží tělesa.

Obraz orientací magnetických foliací a lineací v biotitickém granitu je dosti podobný tomuto obrazu u staršího granodioritu. Velmi strmé magnetické foliace i lineace velké části vzorků i zde mohou indikovat vertikální směry pohybu magmatu. Zatím nedokážeme toto zjištění zařadit do obrazu strukturního vývoje oblasti.

Orientace magnetických foliací a magnetických lineací v grabroidních horninách mohou indikovat vertikální střihy horniny buď v magmatickém stavu, nebo mírně postmagmatickém stavu, kdy hornina je ještě duktilní.

Poděkování. Tato práce byla podporována granty GA ČR č. 205/94/0689 a UK č. 228/1995. Autoři děkují vedení firmy AGICO, s.r.o., Brno, za ochotu poskytnout laboratoře a zpracovatelské programy, za připomínky editorovi Karlu Breiterovi a recenzentům Josefu Havířovi a Petru Prunerovi.

Literatura

BENEŠ, K. (1963): Drobně tektonická analýza Železných hor. – Sbor. geol. Věd, Geol. 1, 43–75.

DĚDÁČEK, K. et al. (1984): Letecký geofyzikální výzkum Železných hor a jejich širšího okolí. – MS Geofyzika, n.p., Brno.

HROUDA, F. – CHLUPÁČOVÁ, M. (1980): The magnetic fabric in the Nasavrky Massif. – Čas. Mineral. Geol. 25, 17–27.

HROUDA, F. – TÁBORSKÁ, Š. – SCHULMANN, K. – JEŽEK, J. – DOLEJŠ, D. (1999): Magnetic fabric and rheology of co-mingled magmas in the Nasavrky Plutonic Complex (E Bohemia): implications for intrusive strain regime and emplacement mechanism. – Tectonophysics 307, 93–111.

CHMELAŘ, J. – VESELÝ, V. (1968): Geologické poměry Nasavrckého masívu. – Věst. Ústř. Úst. geol. 6.

JELÍNEK, V. (1981): Characterization of magnetic fabric of rocks. – Tectonophysics 79, T63–T67.

KNOTEK, M. (1989): Petrologie nasavrckého masívu. – Acta Univ. Carol., Geol. 1,1–27.

TÁBORSKÁ, Š. (1997): Petrogeneze magmatitů nasavrckého plutonického komplexu ve vztahu k jejich vmístění. Disert. práce. – MS Přírodověd. fak. Univ. Karl. Praha.

VACHTL, J. (1975): Comparison of two volcano-plutonic granite formations of the Nasavrky Massif, Czechoslovakia. – Acta Univ. Carol., Geol. 3, 199–220.

VACHTL, J. (1979): Geostrukturní poměry nasavrckého masívu (Železné hory). – Věst. Ústř. Úst. geol. 54, 1, 1–10.

VODIČKA, J. (1955): Přehled geologických výzkumů v Železných horách – MS Čes. geol. služba, Praha.

VODIČKA, J. (1962): Historie geologických výzkumů v Železných horách. – Příroda 146–156.

VODIČKA, J. (1963): Geologie, petrografie a ložiska nasavrckého masivu, zvláště v jeho východní části. Disert. práce. – MS Přírodověd. fak. Univ. Karl. Praha.