

STUDIUL MINERALOGIC ȘI PETROGRAFIC AL UNITĂȚII GNAISELOR DE RARĂU - HĂGHIMAȘ

(L'étude minéralogique et pétrographique de l'unité
des gnaïses de Rarău - Hăghimaș)

Constantin Catana

I. INTRODUCERE

Cercetările noastre asupra unității gnaiselor de Rarău - Hăghimaș au fost orientate cu precădere asupra aspectelor mineralogice, petrografice și petrochimice a rocilor constitutive. Acestea însă nu pretind a epuiza problematica multiplă și în special petrogenetică pe care o ridică geologia unității respective și nu pot oferi, bineînțeles, răspunsuri definitive numeroaselor întrebări care se pun și cărora li s-au dat, până în prezent, soluții mai mult sau mai puțin plauzibile. Lucrarea are ca fond de discuție și interpretare studiul a 101 probe analizate din punct de vedere mineralogic și chimic, la care se adaugă 50 de analize chimice ale mineralelor cu o mai mare semnificație genetică (feldspați, biotit, amfibol, granat) și determinarea din roci și feldspați a unui număr de 10 elemente urmă.

II. CADRUL GEOGRAFIC

Regiunea studiată este situată în partea centrală a Carpaților Orientali, aparținând munților Giurgeului, Bistriței și Hăghimașului. Aceasta este cuprinsă între p.Seaca și p.Grînțieșu, afluenți ai Bistricioarei, la nord și p.Frumoasa, afluent al Oltului, la sud. La est zona este delimitată de p.Pintec, afluent al Bistricioarei, p.Bistra și p.Dămuc, afluenți ai Bicazului, obârșiile p.Iavardi și p.Valea Intunecoasă, afluenți ai Trotușului, și Trotușul superior. Spre vest nu există o demarcație morfologică mai clară, fiind delimitată, aproximativ, de p.Corbului și p.Putna Intunecoasă, afluenți ai Bistricioarei, p.Belcina, afluent al Mureșului, cursul superior al Oltului și rama estică a depresiunii Ciucului.

III. ISTORICUL CERCETĂRILOR GEOLOGICE

Cercetările geologice anterioare pot fi grupate în trei etape: Etapa I cuprinde primele observații geologice în Carpații Orientali, efectuate în special de geologi străini, Beudant (1822), Lillienbach (1834), Bielz (1854), Achner (1855), Hauer și Richtofen (1859), Hauer și Stache (1863), Herbich (1878), Uhlig (1889-1896 și 1907), Nicolau (1905) și Trauth (1910).

Etapa II cuprinde perioada care începe după primul război mondial și în care se pun bazele geologiei moderne a formațiunilor metamorfice din Carpații Orientali prin lucrări efectuate de Atanasiu (1929), Kräutner (1929), Popescu Voitești (1929) și Băncilă (1941).

Etapa III începe după cel de-al doilea război mondial, caracterizându-se prin

intensificarea și diversificarea cercetărilor geologice în vederea cunoașterii detaliate din punct de vedere litostratigrafic, petrografic, geocronologic și structural a Carpaților Orientali. Lucrări privind zona la care ne referim aparțin autorilor: Băncilă (1958), Iliescu Violeta și Codarcea Dessila Marcela (1965-1967), Pitulea și Mușat (1965), Erhan et al.(1966), Idriceanu et al.(1966), Săndulescu (1967), Bercia et al.(1967), Ianovici et al.(1968), Vasilescu et al.(1968), Alexandrescu et al. (1968), Giușcă et al.(1969), Cotu și Erhan (1969), Gandrabura (1969), Balintoni (1969), Mureșan (1970), Kräutner și Mureșan (1970), Săndulescu (1971, 1972, 1975, 1984), Kräutner (1972,1978,1980), Matei et al.(1973), Diaconu et al.(1974), Erhan (1974), Bleahu (1974), Mureșan et al.(1974, 1975), Kräutner et al.(1975, 1976), Diaconu și Matei (1975), Mânzatu Silvia et al.(1975), Rădulescu et al.(1976), Mureșan și Mureșan (1980), Mureșan (1980, 1984), Erhan (1981), Paulescu et al.(1983), Rădulescu et al.(1983) și Gandrabura și Stafie (1986).

IV. GEOLOGIA UNITĂȚII GNAISELOR DE RARĂU-HĂGHIMAȘ

Unitatea gnaiselor de Rarău-Hăghimaș intră în alcătuirea nucleului cristalin al Carpaților Orientali, fiind constituită din formațiuni mezometamorifice ale grupului de Bretila, considerate cele mai vechi din Carpații Orientali (Bercia et al. 1967, 1971,1976; Kräutner 1968; Mureșan și Mureșan 1980), cărora li se acordă vârsta Precambrian superior A, 910-850±50 m.a., (Kräutner 1976,1980).

Formațiunile grupului de Bretila găzduiesc în exclusivitate roci cu caracter intrusiv, granitoidale de Hăghimaș, considerate a fi puse în loc în fazele preparoximale ale orogenezei dalradiene. Vârsta granitoidelor a fost evaluată la 728-780 m.a.(Mânzatu et al.1975; Kräutner et al.1976).

Poziția tectonică a gnaiselor de Rarău-Hăghimaș (Pânza de Rarău) a fost evidențiată de Popescu Voitești (1928), Streckeisen (1934) și Kräutner (1938). Astfel, pânza de Rarău, alcătuită din roci mezometamorifice, este șariată peste formațiunile grupului de Tulgheș, epimetamorifice. Amploarea șariajului este evidențiată de prezența unor petice de rabotaj situate în baza pânzei și deasupra grupului de Tulgheș, considerate la un loc unitate tectonică separată (Kräutner et al.1981; Balintoni et al.1981; Vodă 1982).

Vârsta șariajului pânzei de Rarău este considerată azi a fi prealpină (hercinică), după Streckeisen (1933), Kräutner (1938), Săndulescu (1967) și Balintoni (1981). Alți autori, Popescu Voitești (1928), Joja et al.(1968), Mureșan (1970), Bercia et al.(1976) și Pavelescu et al.(1983) susținuseră vârsta alpină a șariajului.

Formațiunile grupului de Bretila, din alcătuirea unității gnaiselor de Rarău-Hăghimaș, constituie o sinformă principală, relativ mare, orientată nord-sud (Mureșan și Mureșan 1980), care a luat naștere ca urmare a mișcărilor de recutare postaustrice.

Rama estică a unității gnaiselor de Rarău-Hăghimaș, în jumătatea sudică a acesteia, este acoperită de depozite continentale, cunoscute sub denumirea de breția de Hăghimaș (Mureșan 1970). Vârsta acestei formațiuni este considerată a fi carbonifer-permiană.

Rocile unității gnaiselor de Rarău-Hăghimaș prezintă un metamorfism cu o intensitate remarcabil de constantă pe întreg arealul (Bercia et al.1976). Asociațiile minerale ale rocilor indică un metamorfism de tip barrowian în faciesul almandin- amfibolitic. Astfel, în cadrul grupului de Bretila, din care fac parte și formațiunile unității în discuție, Streckeisen (1968) a separat izogradele biotitului, almandinului, staurolitului și sillimanitului într-o succesiune de șisturi cristaline de 10 km grosime, remarcând lipsa izogradului distenului.

V. PETROGRAFIA UNITĂȚII GNAISELOR DE RARĂU-HĂGHIMAȘ

În alcătuirea unității gnaiselor de Rarău-Hăghimaș, Mureșan (1967) a separat o

formațiune terigen-tufogenă acidă, care ocupă o poziție inferioară, având o grosime de câteva sute de metri, și o formațiune terigenă, suprapusă precedentei, cu o grosime de cca.500 m.

Formațiunea inferioară este reprezentată prin micașisturi diafforizate și milonizate cu intercalații de gnaise cuarțo-feldspatice. În partea superioară a acestei formațiuni se individualizează cunoscutele gnaise oculare.

Formațiunea superioară este constituită, în principal, din micașisturi cuarțitice și paragneise biotitice.

Granitoidele, cantonate în formațiunile unității gnaiselor de Rarău-Hăghimaș, aparțin suitei: granite gnaisice, granodiorite gnaisice, cuarț diorite gnaisice și diorite gnaisice, la care se mai adaugă roci filoniene asociate, cu caracter aplitic, precum și gnaise oculare. Granitoidele de Hăghimaș apar sub forma unor corpuri stratoide dispuse concordant în formațiunile gazdă.

O răspândire mai redusă, în cadrul unității, o au rocile amfibolitice, care apar izolate, ca lentile concordante, în masa mezometamorfitelor.

Formațiunile unității gnaiselor de Rarău-Hăghimaș, ca și alte formațiuni ale Carpaților Orientali, sunt străbătute de o serie de filoane de roci bazice a căror punere în loc este în legătură cu tectogeneza alpină. Rareori apar și corpuri mici de roci sienitice, reprezentând apofize ale masivului alcalin de la Ditrău.

A. Șisturi cristaline

În cadrul șisturilor cristaline au fost separate mai multe tipuri de roci, care, cu excepția amfibolitelor, se caracterizează prin conținuturi importante de cuarț (25-94%).

1. Micașisturi cuarțitice. Sunt constituite din cuarț 30-45%, plagioclaz (An 10-28) 25-48%, feldspat potasic 3-6%, muscovit 12-18%, biotit 2-4%, zoizit până la 3%, epidot până la 4%, minerale opace până la 4%; sporadic, în unele secțiuni, s-a mai evidențiat granatul.
2. Șisturi cuarțitice cu biotit și granat. Prezintă următoarea compoziție mineralogică: cuarț 30-47%, plagioclaz (An 10-36) 25-42%, feldspat potasic 2-3%, muscovit 1-5%, biotit 12-15%, granat 4-7% și minerale opace. Sporadic mai apare zoizitul.
3. Șisturi cuarțitice cu hornblendă. Mineralogic sunt alcătuite din cuarț 48%, plagioclaz (An 35) 26%, feldspat potasic 3%, muscovit 8%, biotit 1%, hornblendă verde 10%, granat 4%. Cu totul izolat se mai întâlnește zoizitul. La microscop se remarcă tendința de separare a materialului cuarțo-feldspatic de amfibol și muscovit sub formă de benzi.
4. Șisturi cuarțitice cu muscovit. Conțin cuarț 43-50%, plagioclaz (An 17-35) 30-32%, feldspat potasic 5-15%, muscovit 7-9%, biotit până la 5%. Sporadic mai apar granatul și minerale opace.
5. Cuarțite feldspatice (leptinite). Sunt alcătuite din cuarț 43-61%, plagioclaz (An 5-15) 20-41%, microclin 1-10%, muscovit 3-8%, biotit până la 5%, granat 1-3%, uneori zoizit până la 8% și epidot sub 2%.
6. Cuarțite. Sunt roci de culoare albă, cenușie, rar neagră, alcătuite preponderent din cuarț, 68-94%, alături de care mai apar plagioclazul (An 7-28) 1-23%, feldspat potasic 1-4%, muscovit 2-3%, biotit 1-3% și uneori minerale opace, granat și rar epidot.
7. Cataclazite. Apar ca roci cu aspect retromorf datorită granulației extrem de fine a mineralelor constituente. Culoarea lor este deschisă cu nuanțe slab verzui. Mineralogic sunt alcătuite din cuarț 38-55%, plagioclaz (An 5-28) 20-36%, feldspat potasic 5-20%, muscovit 3-15%, clorit, minerale opace și foarte rar epidot și zoizit. Aceste roci sunt dispuse în relativă apropiere a limitei tectonice cu formațiunile grupului de Tulgheș.
8. Gnaise muscovitice. Prezintă următoarea compoziție mineralogică: cuarț 40-45%,

plagioclaz (An 12-16) 25-43%, feldspat potasic 7-16%, muscovit 7-8%, alături de care mai apar zoizitul și granatul, sub 1% fiecare.

9. Gnaise biotitice. Sunt roci alcătuite din cuarț 25-45%, plagioclaz (An 22-34) 26-38%, feldspat potasic 3-12%, biotit 15-20%, muscovit până la 4%, hornblendă comună până la 5%, mai rar granat și minerale opace.

10. Gnaise cu două mize. Mineralogic sunt constituite din cuarț 30-42%, plagioclaz (An 24-48) 31-45%, feldspat potasic 3-12%, muscovit 5-8%, biotit 5-10%, zoizit până la 6%, epidot cca. 4% și granat sub 1%.

11. Gnaise cuarțo-feldspatice (leptinite). Mineralogic conțin 55% cuarț, 30% plagioclaz (An 16), 8% microclin, 2% muscovit și sub 1% minerale opace.

12. Paraamfibolite. Formează corpuri alungite, lentiliforme, de până la câțiva km lungime și zeci sau sute de metri grosime. Sunt alcătuite din hornblendă verde 52-75%, plagioclaz (An 35-44) 12-35%, cuarț până la 5%, biotit până la 5%, alături de care mai apar epidot, zoizit, granat și minerale opace. Paraamfibolitele ar putea reprezenta produsele de metamorfism ale unor tufite bazice în care ponderea componentelor sedimentari, de natură litogenă, să fi fost mai mare.

13. Ortoamfibolite. Se întâlnesc în partea nordică a perimetrului, în zona Tulgheș. Sunt constituite din hornblendă verde 62-74%, plagioclaz (An 16-28) 13-18%, cuarț 1-3%, uneori feldspat potasic, biotit și minerale opace. Acestea din urmă au o pondere mult mai mare în ortoamfibolite față de paraamfibolite.

B. Granitoidele de Hăghimaș

Între rocile unității gnaiselor de Rarău-Hăghimaș cea mai mare pondere o au granitoidele. Acestea alcătuiesc corpuri lentiliforme cu lungimi de ordinul km și lățimi de sute de metri, însumând la un loc un pluton stratoid, care s-ar înscrie într-o arie de 60/12 km. Acest pluton constituie unul din cele mai mari corpuri de granitoide din România (Mureșan și Mureșan 1980).

Granitoidele de Hăghimaș, asociate formațiunilor grupului de Bretila, au cea mai mare dezvoltare în pânza de Rarău. În celelalte unități tectonice ale grupului de Bretila granitoidele cunosc o răspândire limitată.

Între tipurile de granitoide, așa cum apar ele deschise de eroziune, cea mai mare răspândire o au granodioritele, după care urmează granitele, cuarț dioritele și dioritele. Metaaplitile și chiar gnaisurile oculare au o răspândire limitată.

1. Granite gnaisice. Compoziția mineralogică cantitativă este destul de variată: cuarț 30-48%, microclin 5-30%, muscovit până la 5%, plagioclaz (An 7-28) 22-48%, biotit până la 10%. Alături de aceste minerale mai pot apare granat, zoizit, epidot, amfibol, cordierit, clorit și minerale opace.

2. Granodiorite gnaisice. Între granite și granodiorite există o trecere gradată, dată de creșterea conținutului mineralelor femice, în special a biotitului și diminuarea ponderii cuarțului și feldspatului potasic. Sunt alcătuite din cuarț 25-35%, plagioclaz (An 14-46) 20-52%, microclin până la 10%, muscovit până la 7%, biotit 10-24%, alături de care mai apar granat, zoizit, cordierit, amfibol, clorit și minerale opace.

3. Cuarț diorite gnaisice. Fac trecerea de la granodiorite la diorite prin creșterea treptată a participării amfibolilor și/sau biotitului la alcătuirea lor. Mineralogic sunt constituite din 17-26% cuarț, 25-45% plagioclaz (An 33-50), până la 9% feldspat potasic, până la 6% muscovit, 5-26% biotit, până la 25% amfibol, uneori zoizit, epidot, granat, cordierit și minerale opace.

4. Diorite gnaisice. Sunt varietățile cele mai bazice din cadrul granitoidelor, având

următoarea compoziție mineralogică: plagioclaz (An 15-56) 25-50%, cuarț 5-14%, hornblendă verde 8-28%, uneori biotit până la 20% și în cantități mai mici zoizit, muscovit, granat, cordierit și minerale opace.

5. Metaaplite. Sunt roci cu caracter filonian, cu granulație mai fină, care traversează celelalte tipuri de granitoide. Constituția mineralogică a metaaplitelor variază între următoarele limite: cuarț 30-48%, plagioclaz (An 12-20) 28-52%, feldspat potasic 5-18%, muscovit 2-5%, la care se mai adaugă uneori biotit, granat, epidot, clorit și minerale opace. Această compoziție este apropiată de cea a plagioplitelor.

6. Gnaisse oculare. Aceste roci se caracterizează prin dezvoltarea metablastică a feldspaților. Gnaissele oculare au o dezvoltare limitată, formând benzi de câteva zeci de metri grosime, rar peste 100 m. Mineralogic sunt alcătuite din cuarț 34-49%, plagioclaz (An 12-24) 25-42%, microclin 12-22% și muscovit 3-7%. În cantități mai mici mai pot apare biotit până la 5%, zoizit până la 2% și sporadic granat, epidot și minerale opace.

Granitoidele de Hăghimaș, ca și rocile gazdă, au suportat influența mai multor cicluri de metamorfism. Mureșan et al.(1975) și Kräutner et al.(1976) au evidențiat cinci etape diferite de metamorfism cauzate de orogenezele assynctică veche, assynctică nouă, caledoniană, hercinică și alpină.

Polimetamorfismul s-a repercutat mai ales asupra compoziției mineralogice și texturii granitoidelor, având un caracter predominant izochimic, la scara fiecărui corp de granitoid în parte, cu mobilizări ale componentelor chimici pe distanțe mici.

Procesele cataclastice care au însoțit ciclurile metamorfice au înlesnit reacțiile chimice între componente și blasteza unor minerale, mai ales a feldspaților, astfel granitoidele au devenit de fapt blastomilonite granitice, blastomilonite granodioritice și blastomilonite dioritice.

C. Eruptiv mezozoic

În arealul unității gnaiselor de Rarău-Hăghimaș apar și o serie de roci eruptive, care stau în legătură cu ciclul tectonomagmatic alpin. Din această categorie au fost întâlnite sienite și lamprofire. Sienitele reprezintă apofize ale masivului alcalin de la Ditrău, în timp ce lamprofirele, roci filoniene bazice, au o răspândire mult mai mare, fiind întâlnite pe o arie mai largă în cristalinel și sedimentarul Carprților Orientali.

1. Sienite. Sunt compuse din plagioclaz 52%, feldspat potasic 25%, muscovit 5%, calcit 15% și minerale opace 1-2%, având următoarea compoziție chimică: SiO_2 -58,82%; TiO_2 -0,44%; Al_2O_3 -19,27%; Fe_2O_3 -0,14%; FeO -0,36%; MnO -0,04%; MgO -0,13%; CaO -7,21%; Na_2O -4,87%; K_2O -3,49%; P_2O_5 -0,30%; CO_2 -3,62%; H_2O -1,04%. Din analiza chimică a rezultat următoarea compoziție normativă: q-12,38%; ab-41,24%; or-19,65%; an-10,96%; bi-1,54%; mt-0,20%; il-0,42%; ap-0,71%; c-3,45%; cc-8,22%; R-0,97%.

Elementele urmă identificate în această rocă (g/t) prezintă următoarele conținuturi: Cu-3; Zn-30; Pb-10; Mo-3.

Filonul de sienit află pe p.Covaci, lângă orașul minier Bălan, la cca. 975 m altitudine.

2. Lamprofire. Sunt constituite din piroxeni (augit), plagioclaz și amfiboli dispersați într-o masă fundamentală necristalizată, parțial alterată, care constituie peste 50% din volumul rocii. Compoziția chimică a rocii este următoarea: SiO_2 - 49,53%; TiO_2 - 1,25%; Al_2O_3 - 17,02%; Fe_2O_3 - 2,60%; FeO - 7,28%; MnO - 0,15%; MgO - 6,01%; K_2O - 3,33%; CaO - 7,46%; Na_2O - 2,50%; P_2O_5 - 0,20%; H_2O - 2,68%. Punerea în loc a lamprofirelor nu a afectat câtuși de puțin roca gazdă prin fenomene de contact.

Din punct de vedere al compoziției chimico-mineralogice roca analizată aparține

tipurilor de roci lamprofirice din cristalinelul Carpaților Orientali.

VI. PETROCHIMIA UNITĂȚII GNAISELOR DE RARĂU-HĂGHIMAȘ

A. Petrochimia șisturilor cristaline

S-au efectuat 41 de analize chimice cuprinzând toate tipurile de roci din perimetrul studiat (Tabelul I). De remarcat că sunt variații relativ mari în compoziția oxidică a fiecărui tip de rocă. Aceste variații se datoresc constituției eterogene a materialului primar supus metamorfismului. O altă caracteristică a șisturilor cristaline o constituie lipsa carbonaților.

Pe baza datelor chimice s-au calculat o serie de indici petrochimici: parametri Niggli, compoziția normativă, valorile celulei Barth, parametri ACF-A'KF.

Din interpretarea parametrilor Niggli rezultă că 2/3 din șisturile cristaline propriuzise ar avea origine sedimentară și 1/3 eruptivă. În cazul gnaiselor situația este inversă, 1/3 sunt paragneise și 2/3 ortogneise. După metoda Niggli, amfibolitele sunt toate ortoroci, în timp ce conform parametrului (D_x) (Kuklei, 1975), din cele 5 amfibolite analizate numai două ar fi fost la origine roci eruptive.

Din punct de vedere al conținutului în alcalii, șisturile cristaline, în ansamblu, după parametrii "al" și "alk" sunt roci sărace în alcalii, în mare parte, sau roci intermediare. Dintre metalele alcaline, în proporții atomice, Na predomină asupra K.

Compoziția normativă, calculată după metoda Mielke-Winkler (1979), concordă destul de bine cu compoziția modală a rocilor, mai ales în cazul principalelor minerale: cuarț, feldspați, biotit și amfibol.

Referitor la gradul de metamorfism, șisturile cristaline aparțin faciesului almandin-amfibolitic, subfaciesului disten-almandin-muscovitic (Winkler, 1967), având următoarele asociații paragenetice: cuarț+plagioclaz+microclin+muscovit+biotit+granat și hornblendă verde+plagioclaz+cuarț+biotit±granat±epidot (zoizit), în cazul amfibolitelor.

B. Petrochimia granitoidelor de Hăghimaș

Asupra granitoidelor s-au efectuat 58 analize chimice, în care au fost incluse toate varietățile întâlnite (Tabelul II).

Privitor la compoziția chimică a granitoidelor, în general, se observă treceri gradate de la granite până la diorite, distingându-se totuși, după conținutul de SiO_2 , trei mari grupe, separate între ele prin două "discontinuități". În prima grupă sunt cuprinse granitele, metaaplitele și gnaisele oculare, roci cu cele mai ridicate conținuturi de SiO_2 (69,83-77,61%), urmează apoi granodioritele cu 63,53-67,83% SiO_2 , și în sfârșit rocile dioritice cu cele mai scăzute cantități de SiO_2 (53,07-61,93%). Și în cazul Al_2O_3 se remarcă variații importante ale conținuturilor, în cadrul fiecărui tip de granitoid, cu excepția gnaiselor oculare. Astfel, în partea nordică a perimetrului, în zona Tulgheș, granitoidele conțin cantități mai mari de Al_2O_3 .

Conținuturi variate mai relevă CaO în cazul granodioritelor, cuarț dioritelor și dioritelor; FeO din granodiorite și K_2O din granite, granodiorite, metaaplite și gnaise oculare.

În vederea aprecierii naturii materialului primar, din care s-au format granitoidele, s-a folosit diagrama $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3/(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{CaO})$ molar (după Shand, 1927) cu delimitarea câmpurilor I și S de către Chappell et White (1974). În această diagramă (Fig. 1) marea majoritate a probelor se proiectează în câmpul rocilor peraluminioase (Shand, 1927), care coincide cu domeniul S, indicând originea litogenă a magmelor din care s-au format granitoidele (Chappell et White, 1974). În câmpul I se proiectează numai 8 probe din totalul de 58.

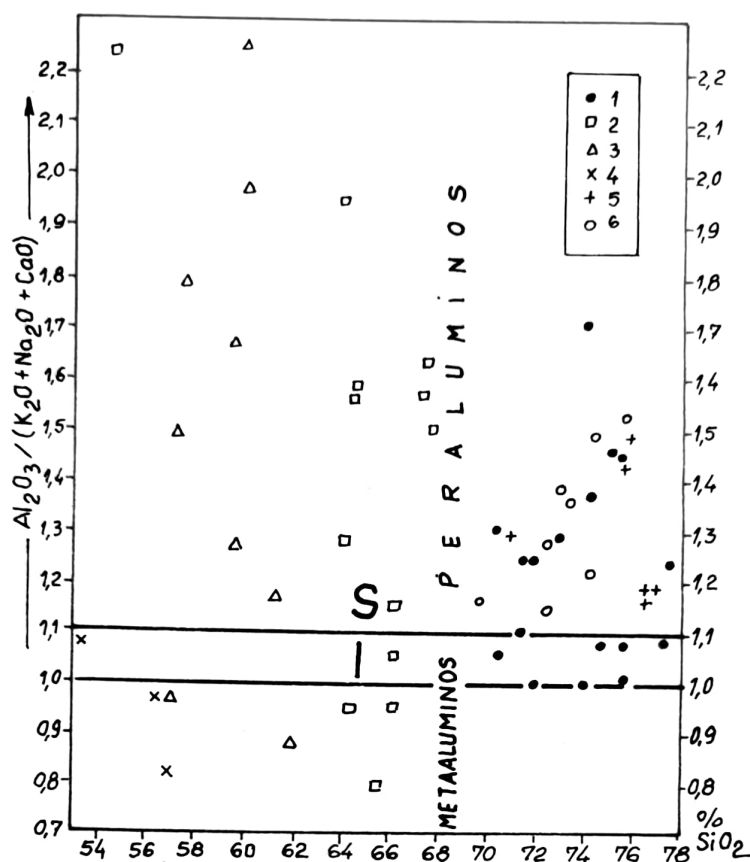


Fig.1. 1. granite; 2. granodiorite; 3. cuarț diorite; 4. diorite; 5. metaaplite; 6. gnaise oculare.

La concluzii asemănătoare se ajunge și prin folosirea diagramei $Al_2O_3 - (2CaO + Na_2O + K_2O) - 100(Fe_2O_3 + FeO) / (Fe_2O_3 + FeO + MgO)$ pe care Kutolin (1964) separă trei câmpuri (Fig. 2): I - câmpul granitelor derivate din magme bazaltoide; II - câmpul granitelor din batolite ale regiunilor orogene; III - câmpul incert. Granitoidele analizate se proiectează, cu câteva excepții, în câmpul II.

Folosind diagrama $Na_2O - K_2O$ molar (după Marmo, 1955), rezultă că granitoidele de Hăghimaș aparțin unui magmatism sinorogen (Fig. 3), cea mai mare parte a probelor proiectându-se în câmpul granitelor și granodioritelor sinorogene.

Din interpretarea parametrilor Niggli rezultă că 2/3 din granitoidele analizate corespund domeniului magmatic. Relația $al > alk$ atestă că granitoidele sunt roci alcaline, intermediare și sărace în alcalii, caracter care variază odată cu scăderea acidității acestora.

Diagramele $(al + alk) - c - fm$ și $al - alk - (c + fm)$, după Ellis (1948) arată că granitoidele aparțin domeniului oligoclazitelor și al dioritelor.

Parametrii Stefanova (1980) evidențiază faptul că granitoidele aparțin în cea mai mare parte granitelor și dioritelor, iar din punct de vedere al caracterului alcalin, majoritatea sunt sodice, 32, celelalte 27 fiind potasice.

Compoziția normativă a granitoidelor concordă cu compoziția modală pentru principalele minerale: cuarț, plagioclaz, microclin și biotit. În diagrama QAP (normativ) granitoidele se proiectează în câmpurile granitelor, granodioritelor, tonalitelor, dioritelor monzonitice cuarțifere și dioritelor cuarțifere. Jumătate din numărul probelor se dispune în domeniul granodioritelor (Fig. 4).

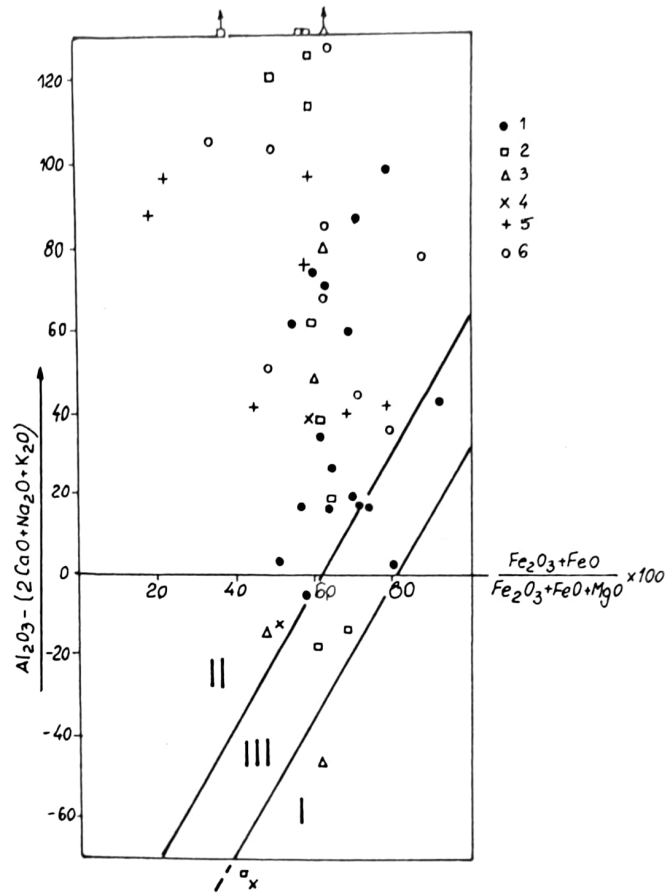


Fig. 2

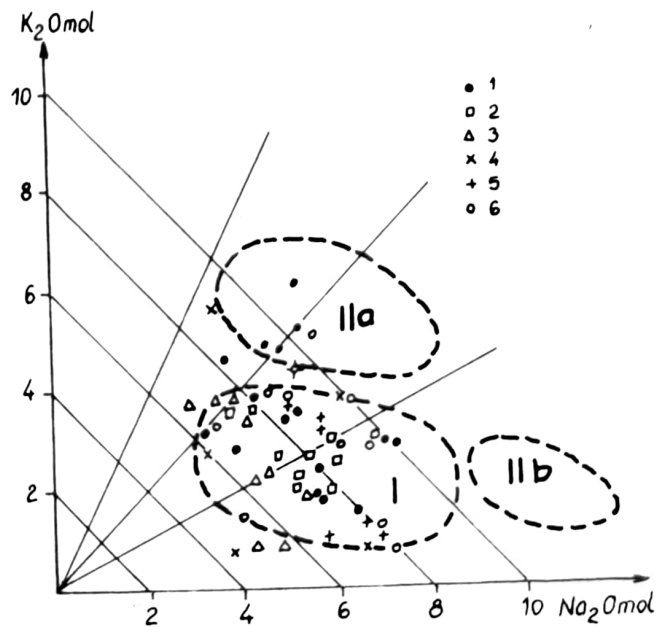


Fig.3. Diagrama Na₂O-K₂O (molar) pentru granitoide:

I - granite și granodiorite sinorogene;

IIa - granite tardeorogene, subgrupa potasică;

IIb - granite tardeorogene, subgrupa sodică (după Marmo, 1955);

1. granite; 2. granodiorite; 3. cuarț diorite;

4. diorite; 5. metaaplite; 6. gnaise oculare.

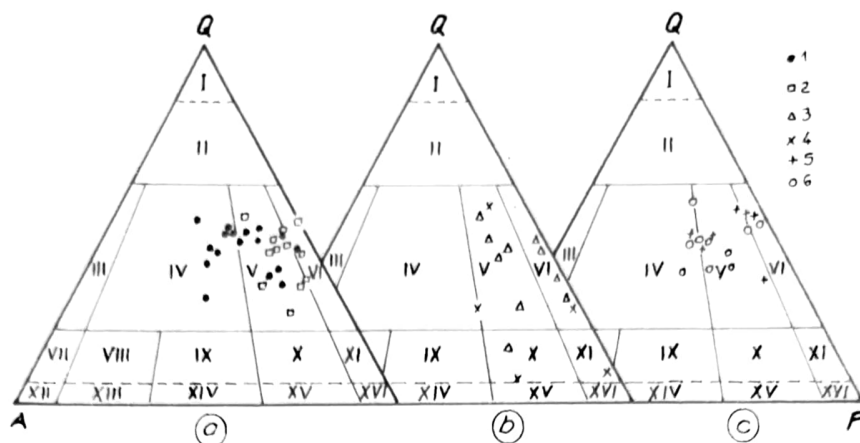


Fig.4. Diagrama QAP (normativ) pentru granitoidele de Hăghimaș;
 IV - granite; V - granodiorite; VI - tonalite; X - diorite monzonitice cuarțifere;
 XI - diorite cuarțifere; 1. granite gnaise; 2. granodiorite gnaise;
 3. cuarț - diorite gnaise; 4. diorite gnaise; 5. metaaplite; 6. gnaise oculare.

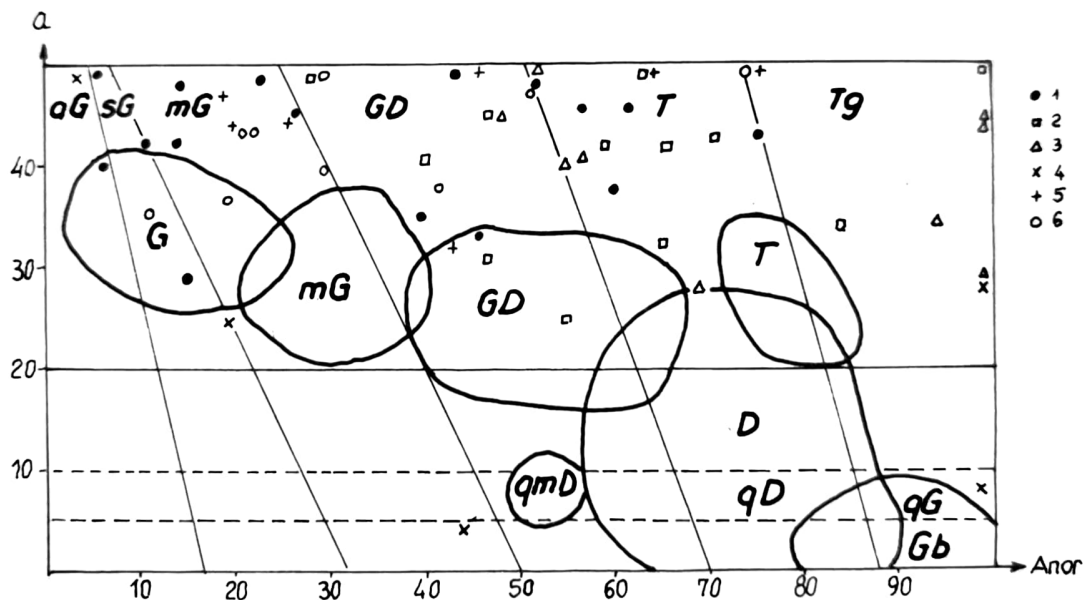


Fig.5. Diagrama Q'-Anor pentru granitoidele de Hăghimaș:
 G - granite; aG - alcali-granite; sG - sieno - granite; mG - monzogranite;
 GD - granodiorite; T - tonalite; Tg - tonalite gabbroice; D - diorite;
 qD - cuarț diorite; qG - cuarț gabbrouri; Gb - gabbrouri;
 qmD - cuarț-monzo-diorite; 1. granite; 2. granodiorite; 3. cuarț diorite;
 4. diorite; 5. metaaplite; 6. gnaise oculare.

Remarcăm faptul că cea mai mare parte a granitoidelor, 46 din 58, se proiectează în afara câmpului granitelor ideale delimitat de Tuttle și Bowen (1958). O situație asemănătoare se întâlnește în cazul folosirii diagramei Q-Anor (Streckeisen-Le Maitre, 1979) în care punctele de proiecție ale granitoidelor ocolesc câmpurile de maximă probabilitate pentru diferite tipuri de granitoide (Fig. 5).

Utilizând diagrama de diferențiere Nockolds-Allen (1953) rezultă, după alura curbelor elementelor majore (Fig. 6), fie originea granitoidelor din două surse magmatice primare, cu

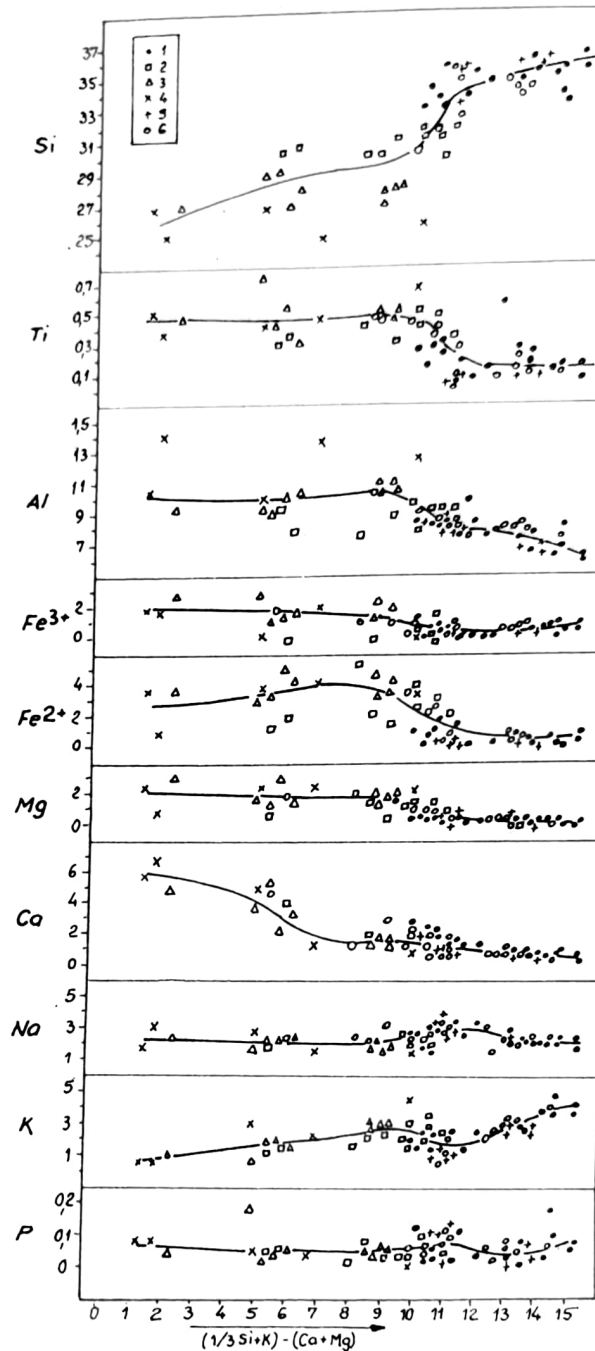


Fig.6. Diagrama de diferențiere Nockolds-Allen pentru granitoidele de Hăghimaș:

1. granite; 2. granodiorite; 3. cuarț diorite;
4. diorite; 5. metaaplite; 6. gnaise oculare.

o punere în loc succesivă, la intervale apreciabile de timp între ele, fie originea granitoidelor dintr-o singură sursă, o magmă anatectică granitică-granodioritică, care s-a contaminat cu material de compoziție mai bazică, modificându-și parțial chimismul. Inclinaș spre ultima din cele două ipoteze, care ar explica mai bine formarea rocilor dioritice.

În diagrama La Roche (1980) majoritatea granitoidelor se proiectează în câmpul granodioritelor și al granitelor (Fig. 7), 26 și respectiv 17 probe, urmând tonalitele cu 8 probe.

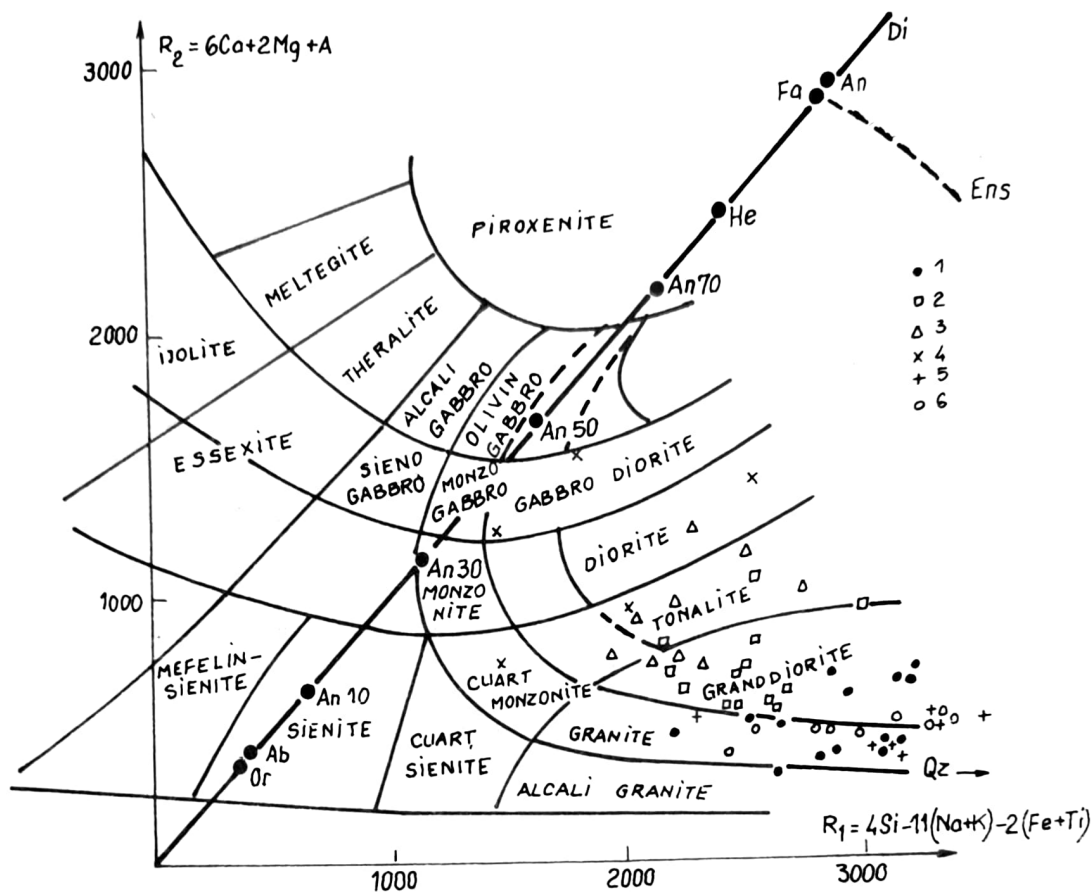


Fig.7. Diagrama La Roche pentru granitoidele de Hăghimaș:

1. granite;
2. granodiorite;
3. cuarț diorite;
4. diorite;
5. metaaplite;
6. gnaise oculare.

Granitoidele de Hăghimaș au fost supuse aceluiași grad de metamorfism ca și rocile înconjurătoare. Metamorfismul de cel mai înalt grad, care de regulă se păstrează mai bine, a avut loc în faciesul almandin-amfibolitic, subfaciesul disten-almandin-muscovitic (Winkler, 1967). Acesta a determinat, în cazul granitelor, granodioritelor, metaaplitelor și gnaiselor oculare parageneza următoare: cuarț + plagioclaz (oligoclaz sau andezin) + microclin + biotit + muscovit ± granat, pe când cuarț dioritele și dioritele gnaise prezintă parageneza: andezin + biotit + hornblendă verde + cuarț ± muscovit ± feldspat potasic.

VII. GEOCHIMIA UNOR MINERALE (FELDSPAT, BIOTIT, AMFIBOL, GRANAT)

Compoziția chimică a mineralelor este determinată de compoziția globală a rocii în care se formează acestea, precum și de condițiile fizico-chimice existente în timpul formării lor. Schimbarea condițiilor termodinamice ale rocilor determină modificări în compoziția chimică a mineralelor. Natura și amploarea acestor modificări diferă de la un mineral la altul. Pentru analiza chimică ne-am orientat spre acele minerale care au o mai mare semnificație petrogenetică.

1. Compoziția chimică a feldspatilor. Au fost analizate chimic 25 probe de feldspati, 15 potasici și 10 plagioclazi. Cu o singură excepție, probele de feldspati provin din granitoide.

Norma feldspaților potasici relevă variații ale componentului ortoză (54,00-72,36), evidențiind amploarea concreșterilor peritice. Dintre granitoide, gnaisele oculare prezintă o compoziție mai omogenă a feldspaților potasici (Or=67,43-70,54).

Plagioclazii din granitoide conțin component potasic în limite relativ restrânse (Or=4,74-12,31%). Plagioclazul normativ din granitoide este de compoziție albitică la gnaise oculare, oligoclazică la granite și granodiorite, trecând spre compoziții andezinice la cuarț diorite și diorite.

Între componenții feldspaților a fost evidențiat Ba ca substituent al K, și mai puțin al Ca. Conținuturile de Ba din feldspați ajung până la 1240 g/t, fiind asemănătoare cu cele găsite de Usenko et al.(1980) în feldspații alcalini din scutul Ucrainean, și mai mici decât valorile publicate de Stan (1977) pentru feldspații alcalini din granitoidele de Șușița.

Prezența Fe și Mg, elemente străine de rețeaua feldspatică, o punem pe seama incluziunilor de minerale femice, prinse în cristale de feldspați în timpul blastezei acestora.

Pe cale spectrografică s-au determinat conținuturile a 18 elemente urmă din feldspați ca și din roca brută din care au provenit aceștia, evidențiindu-se prezența Ag, Cu, Zn, Sn, Pb, Co, Ni, V, Cr, și Mo. Celelalte elemente urmă, a căror prezență a fost testată, B, Ge, As, Sb, W, n-au fost decelate nici în roci nici în feldspați, sau au fost găsite numai în roca brută (Bi,Cd).

S-au remarcat coeficienții de distribuție, Feldspat/Rocă, cu valori supraunitare în cazul Sn și Pb. Pentru celelalte elemente concentrația în rocă este superioară celeia din feldspați.

În cea mai mare parte mărimea valorilor concentrațiilor elementelor urmă din feldspații analizați este apropiată de cea găsită de alți autori pentru feldspați din roci similare (Liyahovici, 1972; Usenko et al.1980).

2. Compoziția chimică a biotitelor. S-a efectuat analiza chimică a 7 probe de biotit, 4 din granitoide, 2 din gnaise și 1 din șisturi cristaline. Pentru biotitele din șisturi cristaline și din gnaise a rezultat o compoziție cristalochimică situată între limitele: $Si_{(5,46-5,61)} Al^{IV}_{(2,39-2,54)} Al^{VI}_{(0,08-0,86)} Fe^{3+}_{(0,33-0,61)} Fe^{2+}_{(2,26-2,38)} Mg_{(1,77-2,44)} Ti_{(0,01-0,35)} Mn_{(0,04-0,05)} K_{(1,75-1,85)} Na_{(0,04-0,09)} Ca_{(0,02-0,10)} O_{(0,00-0,16)} OH_{(3,84-4,03)} O_{20}$. O compoziție asemănătoare este întâlnită și în cazul biotitelor din granitoide: $Si_{(5,37-5,54)} Al^{IV}_{(2,46-2,63)} Al^{VI}_{(0,10-0,39)} Fe^{3+}_{(0,30-0,44)} Fe^{2+}_{(2,00-2,30)} Mg_{(2,50-3,05)} Ti_{(0,13-0,28)} Mn_{(0,02-0,06)} K_{(1,63-1,83)} Na_{(0,06-0,36)} Ca_{(0,02-0,06)} O_{(0,00-0,12)} OH_{(3,80-4,05)} O_{20}$. Din interpretarea datelor chimice folosind diferite diagrame rezultă că majoritatea biotitelor sunt Mg-biotite și în mai mică măsură Fe-biotite (Foster, 1960).

În ceea ce privește originea biotitelor acestea apar ca preponderent metamorfice (Heinrich, 1946; Engel și Engel, 1960; Rimer et al.1982). După modul de interpretare al altor autori (Gokhale, 1968), acestea apar în majoritate ca fiind de natură magmatică. Considerăm că acest fapt atestă influența metamorfismului asupra biotitelor, inițial magmatice.

Din punct de vedere al gradului de metamorfism, chimismul biotitelor analizate corespunde într-o mai mare măsură faciesului epidot-amfibolitic și mai puțin faciesului amfibolitic (Hlestov, 1964; Glebovițki, 1965).

3. Compoziția chimică a amfibolilor. S-au investigat chimic 11 probe de amfiboli, 5 din amfibolite, 1 dintr-un șist cuarțitic cu hornblendă și 5 din granitoide (3 cuarț diorite și 2 diorite). Formula cristalochimică a amfibolilor din metamorfite se încadrează între următoarele valori: $Si_{(6,40-6,95)} Al^{IV}_{(1,05-1,60)} Al^{VI}_{(0,38-0,76)} Ti_{(0,10-0,12)} Mg_{(1,86-2,99)} Fe^{2+}_{(0,81-1,88)} Fe^{3+}_{(0,30-0,80)} Mn_{(0,04-0,07)} Ca_{(1,17-1,95)} Na_{(0,50-0,97)} K_{(0,10-0,32)} O_{(0,09-0,40)} OH_{(1,60-1,91)} O_{22}$. În cazul granitoidelor, formula cristalochimică are valorile: $Si_{(6,22-6,96)} Al^{IV}_{(1,04-1,78)} Al^{VI}_{(0,29-0,75)} Ti_{(0,10-0,16)} Mg_{(1,69-2,85)}$

$Fe^{2+}_{(1.31-2.33)}$ $Fe^{3+}_{(0.26-0.65)}$ $Mn_{(0.05-0.06)}$ $Ca_{(1.62-2.01)}$ $Na_{(0.40-0.74)}$ $K_{(0.12-0.20)}$ $O_{(0.07-0.49)}$ $OH_{(1.51-1.93)}$ O_{22} Ca și în cazul biotitelor, nu se remarcă mari deosebiri în chimismul amfibolilor proveniți din șisturi cristaline și din granitoide. Compoziția chimică a amfibolilor corespunde cu cea a hornblendei comune (Deer et al. 1963; Leake, 1978), fiind caracteristică, în majoritatea cazurilor, faciesului amfibolitic sau granitoidelor plutonice (Bușleakov, 1969).

Chimismul amfibolilor permite aprecierea condițiilor de presiune care au existat în timpul formării lor. Astfel, aproape toți amfibolii analizați indică o presiune de până la 5 kilobari (Raase, 1974), sau condiții corespunzătoare domeniilor andradit + sillimanit și disten + sillimanit (Bard, 1970).

Coroborând chimismul amfibolilor cu cel al plagioclazilor, proveniți din aceeași rocă, s-a apreciat temperatura maximă din timpul formării acestor minerale (Perciuk, 1970), care în cazul granitoidelor reiese că a fost de 565-630°C.

4. Compoziția chimică a granaților. Chimismul granaților oferă indicii asupra condițiilor termodinamice în care s-au format. În acest scop au fost analizate 7 probe de granați, 4 din metamorfite și 3 din granitoide.

S-a constatat în majoritatea cazurilor o corelație pozitivă între compoziția granaților și cea a rocii gazdă privitor la componenții FeO, MgO și CaO.

Norma granaților, calculată din analiza chimică, relevă faptul că aceștia aparțin exclusiv varietății almandin. Valorile limită ale normei granaților din șisturile cristaline sunt următoarele: pirop 14,21-25,04%; almandin 63,72-73,37%; spessartin 2,12-4,63%; andradit 0,00-0,13% și grossular 4,70-12,28%. Valori puțin diferite se întâlnesc la granații din granitoide: pirop 17,68-32,54%; almandin 58,07-71,82%; spessartin 1,03-2,81%; andradit 0,00-1,64% și grossular 1,58-8,54%.

Compoziția chimică a granaților corespunde unor condiții de metamorfism caracteristice faciesului almandin-amfibolitic, pentru majoritatea probelor, dar și faciesului epidot-amfibolitic pentru unele din ele (Velikoslavinski, 1962; Glebovički, 1965; Sobolev, 1970). După metoda Dimitrescu-Kasper (1976), granații analizați se dispun în câmpurile almandinului, staurolitului și distenului.

Analiza chimică a granatului și biotitului, din aceeași rocă, a permis ca pe baza magnezialității celor două minerale să se aprecieze temperatura lor de formare (Perciuk, 1968). Temperaturile rezultate, pentru trei astfel de probe, sunt cuprinse între 630-680°C. Aceste temperaturi apar mai ridicate decât cele obținute, după metoda aceluiași autor, plecând de la compoziția chimică a amfibolului și plagioclazului.

VIII. ELEMENTE MINORE ÎN ROCILE UNITĂȚII GNAISELOR DE RARĂU-HĂGHIMAȘ

Din probele analizate mineralogic și chimic s-au determinat și conținutul a 10 elemente urmă, Ag, Cu, Zn, Sn, Pb, Co, Ni, V, Cr și Mo, prin metoda spectrografică de emisie. Mediile valorilor pe tipuri de roci sunt cuprinse în tabelele III și IV.

În cadrul fiecărui tip de rocă, atât la șisturile cristaline cât și la granitoide, se remarcă mari variații în conținutul elementelor urmă, reflectând neomogenitatea acestora.

Cu toate acestea, limitele de variație a concentrațiilor microelementelor la cele două mari categorii de roci, șisturi și granitoide, sunt aproximativ aceleași. Acest fapt constituie un argument în favoarea ipotezei formării granitoidelor printr-un proces de anatexie intracrustală din roci similare șisturilor cristaline înconjurătoare.

În cadrul granitoidelor, dioritele prezintă conținuturi de Cu, Sn, Co, Ni, V, Cr și Mo, care nu sunt caracteristice acestor tipuri de roci. Faptul acesta contravine filiației normale a acestor roci dintr-o magmă primară comună tuturor granitoidelor. Dioritele par a se fi

format printr-un proces de asimilare de către o magmă granodioritică a unor roci cu caracter mai bazic, sedimente argiloase sau roci eruptive bazice.

Nivelul concentrațiilor elementelor urmă din șisturile cristaline și din granitoide prezintă valori care, în general, se înscriu între limitele apropiate cu ale unor roci similare din Carpații Meridionali. Comparativ, în unitatea gnaiselor de Rarău-Hăghimaș s-au semnalat valori mai mari la Cu, Sn, Co, Ni și V la șisturile cristaline, în timp ce granitoidele de Hăghimaș se înscriu în valori mai mari la Ni și V, și mai mici la Pb.

IX. CONSIDERAȚII PETROGENETICE

Starea primară a mezometamorfitelor, așa cum se poate deduce din compoziția chimico-mineralogică, corespunde unor roci detritice terigene, în care cuarțul a avut o pondere importantă, ca arenite, wacke litice și feldspatolitice, arcoze, cu intercalații de cinerite vulcanice de natură riolitică, riodacitică. Participarea unui material pelitic, de natură argiloasă, pare mai evidentă în partea nordică a zonei. În sedimentele primare au existat și unele efuziuni bazice, pe seama cărora s-au format ortoamfibolitele și care pot fi puse în legătură cu un vulcanism bazic inițial.

Acest material primar a suportat procese repetate de metamorfism, dintre care, cel mai bine păstrat în roci este metamorfismul de grad înalt, corespunzător faciesului almandin-amfibolitic.

Ponderea mare a granitoidelor în unitatea gnaiselor de Rarău-Hăghimaș, roci puțin răspândite în restul grupului de Bretila, apariția lor în pânza de Rarău, gradul de metamorfism identic al granitoidelor și al rocilor gazdă, trecerea gradată de la granitoidela rocile înconjurătoare, compoziția chimico-mineralogică asemănătoare, limitarea diferențelor între cele două mari categorii de roci aproape numai la aspectele structurale și texturale ale acestora, conduc la ideea că granitoidele s-au format prin procese de anatexie intracrustală pe seama unor roci de tipul celor din fondul grupului de Bretila.

Pânza de Rarău reprezintă nucleul anatectic segregat pe cale tectonică, datorită competenței sale mai ridicate.

Geneza anatectică a granitoidelor explică faptul că aceste roci sunt lipsite de mineralizații metalifere de interes economic.

CONCLUZII

Din studiul mineralogic, petrografic și petrochimic al unității gnaiselor de Rarău-Hăghimaș se desprind următoarele:

Toate tipurile de roci din cadrul unității, cu excepția amfibolitelor, prezintă caracter cuarțitic. O altă trăsătură o constituie nu numai lipsa rocilor carbonatice, dar și a calcitului ca mineral component.

Paragenezele minerale determinate de metamorfism, atât în cazul șisturilor cristaline cât și al granitoidelor, sunt alcătuite din asociațiile: cuarț + plagioclaz + feldspat potasic + muscovit + biotit ± granat ± epidot (zoizit). În cazul amfibolitelor parageneza este diferită: hornblendă verde + plagioclaz + cuarț + biotit ± granat ± epidot (zoizit); la fel și în cazul cuarț dioritelor și al dioritelor, care prezintă parageneza: andezin + biotit + hornblendă verde + cuarț ± muscovit ± feldspat potasic ± granat ± epidot (zoizit).

Coexistența feldspatului potasic cu hornblenda reprezintă dovada unui dezechilibru mineralogic, care s-ar datora unui aport metasomatic de K în cadrul unui metamorfism de temperatură mai scăzută. Acest aport explică megablăsteza feldspatului potasic precum și datele contradictorii privind vârsta acestor roci prin folosirea metodei K/Ar.

Lipsa unor iviri de pegmatite, sau roci pegmatoide de tip metamorfic, atestă faptul că

procesele metasomatice au avut un caracter limitat.

Compoziția chimică a rocilor unității gnaiselor de Rarău-Hăghimaș conduce la presupunerea că rocile primare, premetamorfe, au reprezentat atât sedimente terigene, în care cuarțul a avut o pondere variată, dar relativ importantă, cât și produse vulcanogen-sedimentare cu caracter acid.

Prezența ortoamfibolitelor demonstrează existența unui vulcanism bazic inițial, care a generat bazalte de tip oceanic, situând depozitele de roci primare în preajma unei zone de subducție, de care sunt legate procese ulterioare de metamorfism și orogeneză.

Compoziția mineralogică simplă a granitoidelor este caracteristică genezei metamorfe a acestora în cadrul unor procese anatectice.

Geneza anatectică este sprijinită de lipsa unei consangvinități a granitoidelor, evidențiată de absența unei continuități la trecerea dintre granodiorite și diorite, așa cum relevă diagramele de variație a oxizilor în funcție de indicele de diferențiere Nockolds-Allen.

Criteriile de diferențiere între granitoide de tip **I** și **S** (Chappell et White, 1974) conduc la concluzia că granitoidele au o origine crustală, fiind de natură anatectică.

Originea crustală a granitoidelor este confirmată și de conținutul în elemente urmă, care este situat între aceleași limite ca și cel al șisturilor cristaline înconjurătoare.

Datele analizelor chimice ale feldspaților, biotitelor, amfibolilor și granaților au permis estimarea intervalului de temperatură, la care s-au format acestea, între 565-680°C, care corespunde faciesului almandin-amfibolitic. Partea superioară a intervalului permite desfășurarea unor procese anatectice.

Plasarea granitoidelor de Hăghimaș în spațiu și timp, într-o zonă și în cursul unor fenomene de orogeneză este în favoarea originii anatectice a magmelor granitoide. Zona de formare a magmei anatectice calco-alcaline, care a generat prin diferențiere și asimilare tipurile de granitoide, a fost situată în domeniul sialic, la marginea unui bloc continental precambrian.

Résumé

La région étudiée est située dans la partie centrale des Carpathes Orientales appartenant aux montagnes de Giurgeu, Bistriței et Hăghimaș. L'unité des gnaïs de Rarău - Hăghimaș entre dans la composition du noyau cristallin des Carpathes Orientales étant constituée par des formations métamorphiques du groupe de Bretila, aux quelles on accorde l'âge Précambrien supérieur. Dans ces roches sont hébergés les granitoïdes de Hăghimaș ayant caractère intrusif. Les formations cristallines sont composées par micaschistes quartzitiques, schistes quartzitiques à biotite et granate, schistes quartzitiques à hornblende, schistes quartzitiques à mouscovite, quartzites feldspatiques, quartzites, cataclasites, gnaïs mouscovitique, gnaïs biotitiques, gnaïs à deux micas, gnaïs quartzo-feldspatiques, para et orto-amphibolites. Dans les granitoïdes de Hăghimaș on peut distinguer les suivants types pétrographiques: granites gnaïsiques, granodiorites gnaïsiques, quartz-diorites gnaïsiques, métaaplites et gnaïs oculaires.

Dans l'aréal de l'unité des gnaïs de Rarău-Hăghimaș apparaissent aussi des roches éruptives mésozoïques, il s'agit des apophises du massif alcalin de Ditrău, composées par des siénites et des filons de lamprophires. L'analyse chimique et minéralogique des 41 échantillons de schistes cristallins relève le caractère quartzitique et la manque du calcite, ils font exception les amphibolites. La composition chimique atteste que les roches primaires pré-métamorphiques ont représentées tant sédimentaire terrigène tout comme des produits vulcanogen-sédimentaires à caractère acid. La présence des orto-amphibolites démontre l'existence d'un volcanisme basique initial générateur des bazaltes de type océanique. Sur les granitoïdes ont été effectuées 58 analyses chimiques et minéralogiques. Elles mettent en évidence des passages graduelles d'un type minéralogique à l'autre, à l'exception du passage des granito-diorites aux diorites. La composition minéralogique des granitoïdes est simple, caractéristique pour leur genèse métamorphique de haut degré, anatectique. Les critères de différenciation entre les granitoïdes de type **I** et **S** conduisent à la conclusion qu'ils ont origine crustale, fait soutenu aussi par le contenu en éléments traces.

Les données des analyses chimiques des feldspathes, biotites, amphiboles et granates ont permis l'estimation de l'intervalle de température à laquelle ils se sont formés, entre 565 - 680°C correspondant au faciès almandin-amphibolitique.

La partie supérieure de l'intervalle permet la dérivation de quelques processus anatectiques. Le placement de la genèse des granitoïdes de Hăghimaș dans l'espace et dans le temps, dans une zone et pendant certains phénomènes d'orogénèse, est en faveur de l'origine anatectique des magmas granitoïdes. La zone de formation du magma anatectique calco-alkaline, qui a généré par différenciation et assimilation les types des granitoïdes, a été située dans le domaine sialique, au bord d'un bloc continental précambrien.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- ALABINA A.A., ARNAUTOV N.V., ZERKALONOVA M.I., SLOBODSKI R.M. (1972), *Sootnoşenie mejdu himiceskimi sostovanii umenşajnschih porod i granitoidnih batolitov Altaia*, DAN - SSSR, 189 / 2, Moskva.
- ATANASIU I. (1929), *Cercetări geologice în împrejurimile Tulgheşului (distr. Neamt)*, An.Ist.Geol.Rom., XIII, Bucureşti.
- BALINTONI I. (1969), *Migmatitul ocular de Rarău. Considerații petrografice, pedrogenetice, petrostructurale*, Bul. Soc. Şt. Geol. R.S.R., XI, Bucureşti.
- BĂNCILĂ I. (1941), *Étude géologique dans les Monts Hăghimaş - Ciuc (Carpathes Orientales)*, An.Inst.Geol.R.S.R., XXI, Bucureşti.
- BERCIA I., KRÄUTNER H., MUREŞAN M. (1976), *Pre - mesozoic metamorphites of the East Carpathians*, An.Inst.Geol.Geofiz., L, Bucureşti.
- CAMBEL B., PETRIK I. (1982), *The West Carpathian granitoid : I/S clasification and genetic implications*, Geol. Zbor. Geol. Carpath., 33 / 3, Bratislava.
- CHAPPELL B.W., WHITE A.J.R. (1974), *Two contrasting granite types*. *Pacif.Geol.*, 8, Tokyo.
- DIMITRESCU R. (1985), *Early caledonian event in the pre - alpine metamorphic sequences of the Romanian Carpathians*. *Acta mineralogica - petrographica*, XXVII, Szeged.
- ERHAN V. (1981), *Contribuții la determinarea condițiilor fizice ale metamorfismului din compartimentul moldav al Carpaților Orientali pe baza studiului mineralotermometric*, Anal. Şt. Univ. Iași, s IIb, geol - geogr.XXVII, Iași.
- GIUSCĂ D., SAVU H., BERCIA I., KRÄUTNER H. (1969), *Sucesiunea ciclurilor tectonomagmatice prealpine pe teritoriul României*, Bul. Soc. Şt. Geol., R.S.R., XI, Bucureşti.
- GURBANOV A.G., CAMBEL B., MATEK YU.(1984), *Stravnitelnii analiz varistiiskih granitoidov Bolşogo Kavkaza i Zapadnih Karpat*, Geol. Zbor. Geol. Carpath., 35 / 1, Bratislava.
- KRÄUTNER H., KRÄUTNER FLORENTINA, TĂNĂŞESCU ANCA, NEACŞU VASILICA (1976), *Interprétation des ages radiométriques K/Ar pour les roches métamorphiques régénérées. Un exemple - Les Carpathes Orientales*, An.Inst.Geol.Geof., L, Bucureşti.
- KUKLEI I. (1975), *Proihojdenie amfibolitov Olihonskoi serii Dokembrija (Severo-Zapadnoe Pribaikalie)*, Gheohimija, I.Akad.Nauk.SSSR, Moskva.
- LA ROCHE H. (1980), *Granites'chemistry trough multicationic diagrams*, Sci.de la Terre, Nancy (France).
- LETNIKOV F.A. (1972), *K voprosu ob uslovijah vîpolnenija granitoidnih magm*, DAN.SSSR, 207 / 6, Moskva.
- LIYAHOVICI V.V. (1972), *Redkie elementî v porodoobrazuiuşchih mineralnih granitoidov*, Izd. "Nedra", Moskva.

- MUREȘAN M., MUREȘAN GEORGETA (1980), *Granitoides associées au Précambrien métamorphique des Carpates Orientales*, An.Inst.Geol.Geoph., LVII, București.
- PAVELESCU L., POP GH., BACIU FL., CRISTEA I., ENE M., POPESCU GH., (1983), *Données géologiques concernant le cristallin des Carpathes O*, An.Inst.Geol.Geof., LXI, București.
- PETRIK J.S. (1987), *Petrology of the Cierna hora Mts. granitoid rocks*, Geol.Zbor.Geol.Carth., 38 / 5, Bratislava.
- RIMER D., POMĂRLEANU V., MOVILEANU AURELIA (1982), *Reprezentarea ternară și cuaternară a compoziției chimice a biotitelor : implicații în petrogeneză*, D.S.Inst.Geol. Geof., LXVII / 1, București.
- SĂNDULESCU M. (1984), *Geotectonica României*, Ed.Teh., București.
- ȘTEFANOVA M (1980), *Petrohimija magmaticeskih porod*, Izd. "Mir", Moskva.
- STRECKEISEN A., LE MAÎTRE R.W. (1979), *A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks*, N. Jb. Miner. Abh., 136 / 2, Stuttgart.
- WYLLIE P.J. (1985), *Conditions for melting and metasomatism in the Earth mantle*, Geol.Zbor.Geol.Carth., 36 /3, Bratislava.

Universitatea "Ștefan cel Mare"
Suceava

Tabelul I. Compoziția chimică a șisturilor cristaline (%)

Nr crt	Tipul de rocă	Nr. analize	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O
1	Micașisturi cuarțite	4	66,27	0,57	16,18	2,19	2,77	0,11	2,26	2,42	2,89	2,70	0,07	1,28
2	Șisturi cuarțite cu biotit și granați	3	68,74	0,54	16,31	0,74	2,91	0,06	1,70	2,59	3,02	2,06	0,16	1,05
3	Șisturi cuarțite cu hornblendă	1	69,54	0,51	13,90	3,64	2,51	0,10	2,50	3,48	1,25	1,76	0,10	0,69
4	Șisturi cuarțite cu muscovit	4	74,52	0,28	14,74	0,78	1,09	0,04	0,79	1,12	3,43	3,02	0,13	0,71
5	Cuarțite feldspatice (leptinite)	5	76,83	0,21	12,21	1,28	0,82	0,16	1,21	1,72	2,95	1,25	0,21	0,83
6	Cuarțite	3	88,21	0,32	6,95	0,29	0,78	0,02	0,25	0,71	0,84	0,67	0,11	0,51
7	Cataclazite	7	73,33	0,37	16,20	0,72	0,99	0,05	0,62	0,93	2,61	2,81	0,15	0,95
8	Gnaise muscovitice	2	74,17	0,11	16,69	0,21	0,65	0,02	0,20	1,28	3,38	2,84	0,19	0,34
9	Gnaise biotitice	3	63,69	0,81	17,82	1,09	4,40	0,12	3,30	2,02	2,58	3,01	0,14	0,91
10	Gnaise cu două mize	3	70,74	0,29	14,78	0,78	2,06	0,07	1,34	3,70	2,69	2,88	0,07	0,53
11	Gnaise cuarțo-feldspatice	1	79,27	0,09	12,03	0,10	0,73	0,01	0,62	1,06	3,07	1,44	0,16	1,30
12	Paraamfibolite	3	48,13	0,78	16,10	2,82	7,40	0,17	8,57	11,04	2,23	0,67	0,18	1,84
13	Ortoamfibolite	2	46,16	1,78	17,72	2,63	11,66	0,24	7,26	8,90	1,61	0,54	0,26	1,37

Tabelul II. Compoziția chimică a granitoidelor (%)

Nr crt	Tipul de granitoid	Nr. analize	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O
1	Granite	16	73,81	0,29	14,26	0,79	0,97	0,03	0,55	1,82	3,20	3,28	0,14	0,72
2	Granodiorite	12	65,75	0,65	16,86	1,23	3,59	0,09	2,02	2,88	3,20	2,61	0,11	1,00
3	Cuarț diorite	9	59,36	0,80	18,86	2,54	4,88	0,11	3,04	3,80	2,59	2,36	0,12	1,32
4	Diorite	5	54,95	0,80	22,81	1,65	4,17	0,10	3,29	5,34	2,87	2,59	0,12	1,16
5	Metaaplite	7	75,57	0,14	14,54	0,61	0,48	0,02	0,66	1,27	3,95	2,06	0,15	0,38
6	Gnaise oculare	9	73,32	0,29	15,41	0,86	0,82	0,03	0,49	1,35	3,56	2,88	0,16	0,74

Tabelul III. Conținutul în elemente urmă al șisturilor cristaline (g/t)

Nr crt	Tipul de rocă	Nr analize	Ag	Cu	Zn	Sn	Pb	Co	Ni	V	Cr	Mo
1	Micașturi cuarțite	4	-	31	17	u	21,2	8	20	52	2,5	3,2
2	Șisturi cuarțite cu biotit și granați	3	-	31	20	1	21,7	4,3	20	103	36,7	3,3
3	Șisturi cuarțite cu hornblendă	1	-	75	5	3	30	10	30	100	30	3
4	Șisturi cuarțite cu muscovit	4	-	12	7,5	15	17,5	3,2	21	30	6,2	u
5	Cuarțite feldspatice (leptinite)	5	-	32	2	21	10	u	48	16	50	2
6	Cuarțite	3	-	15	5	3	13,3	3,3	10	60	3,3	2
7	Cataclazite	7	0,4	27	10	3,7	13,7	12	30	24	7	0,9
8	Gnaise muscovitice	2	-	16,5	u	1,5	15	25	100	15	5	u
9	Gnaise biotitice	3	-	23	13	5	28,3	28,3	60	267	8,3	2
10	Gnaise cu două mize	3	-	8,3	11,7	5,3	28,3	11	20	127	3,3	1
11	Gnaise cuarțo-feldspatice (leptinit)	1	0,2	12	u	u	15	u	u	30	10	2
12	Paraamfibolite	3	1,7	6	17	18	22	18	18	166	216	1
13	Ortoamfibolite	2	-	55	25	u	25	75	65	275	25	6,5

u=urme

Tabelul IV. Conținutul în elemente urmă al granitoidelor (g/t)

1	Granite gnaise	16	-	11,1	26,2	3,6	14,8	1,9	8,5	41,2	10,1	2,5
2	Granodiorite gnaise	12	0,2	17,4	26	1,5	18,7	18	42	143	17,1	1,5
3	Cuarț diorite gnaise	9	0,3	21,5	20	2,9	24,8	21	62	205	32,2	1,6
4	Diorite gnaise	5	0,6	10,6	17	6	16	10,2	35	166	26	0,6
5	Metaaplite	7	15	21	7,6	4,7	9,7	3,6	7	15,7	5,7	1,7
6	Gnaise oculare	9	-	6,5	15	2,5	12,4	u	13,9	14,7	7,1	0,9