

A N U A R U L
INSTITUTULUI GEOLOGIC
AL ROMÂNIEI

ISSN 1453-357X



Vol. 71

Raport de activitate al IGR pe anul 1997
Report of GIR activity for the year 1997



Institutul Geologic al României
București - 2000

**GEOCHIMIA GRANITOIDELOR DIN CARPAȚII MERIDIONALI:
O TRECERE ÎN REVISTĂ
GEOCHEMISTRY OF GRANITOIDS FROM THE SOUTH CARPATHIANS:
A REVIEW**

T. BERZA, P. ANDAR, M. TATU, C. TELEMAN, N. STAN, V. IANCU - Romania
J. C. DUCHESNE, J. P. LIÉGEOIS, J. VANDER AUWERA, D. DEMAIFFE - Belgia

Rezultatele proiectului CT93-0237 "Geochemia granitoidelor din România" al programului CIPA, finanțat de către Comisia Comunităților Europene între 1994-1997, au fost obținute printr-o colaborare a unor geologi români de la Institutul Geologic al României cu petrologi și geochimiști belgieni de la Universitatea din Liège, Universitatea Liberă din Bruxelles și Muzeul Africii din Tervuren.

O trăsătură majoră a geologiei Carpaților Meridionali este abundența și diversitatea granitoidelor, care în majoritate sunt cantonate în soclul pânzelor danubiene și au fost puse în loc ulterior coliziunii panafricane. Înțelegerea acestei diversități și consecințele ei asupra evoluției geologice a Carpaților Meridionali, ca și problema originii granitoidelor, au constituit punctul omega al acestui studiu.

Pânzele danubiene au socluri metamorfice care pot fi repartizate la două unități litologice diferite: grupul metasedimentar Lainici-Păiuș, metamorfozat în condiții de temperatură ridicată și presiune scăzută, și grupul metabazic Drăgășan, metamorfozat în condiții de temperatură ridicată și presiune ridicată. Atât soclul de tip Lainici-Păiuș, cât și cel de tip Drăgășan din pânzele danubiene includ diferite tipuri de granitoide, extrem de variate. Deși adeseori granitoidele au fost transformate în timpul orogenezei alpine în milonite de temperatură scăzută, există și zone în care structurile și paragenezele magmatice au fost prezervate și pot fi observate. În soclul de tip Lainici-Păiuș a fost observată următoarea succesiune, de la cele mai vechi la cele mai noi:

- masivele gnaissice Petreanu și Furcătura (granitoide panafricane precolizionale);
- dykeurile sincinematice leucogranitice tip Lainici-Păiuș (panafricane sincolizionale);
- și următoarele masive panafricane postcolizionale:
 - masivul leucogranitic de Vârful Pietrii;
 - batolitele calcoalcaline Șușița, Olteț și Frumosu;
 - plutonii shoshonitici Tismana și Novaci;
 - dyke-urile de roci porfirice calcoalcaline tardecinematice (Complexul Filonian de Motru - CFM);
 - masivul peraluminos heterogen Ogradena, po-

The results of the CT93-0237 Project "Geochemistry of Romanian Granites" of the CIPA Programme, funded by the Commission of the European Communities between 1994-1997, were obtained through a co-operative investigation between Romanian geologists from the Geological Institute of Romania (IGR) and Belgian petrologists and geochemists from the University of Liège, the Free University of Brussels (ULB) and the Africa Museum in Tervuren.

A paramount feature of the South Carpathians geology is the abundance and variety of granitoids, most of them being restricted to the basement of Danubian Nappes and emplaced in the Pan-African post-collision period. The understanding of this geological diversity and its consequences for the geological evolution of the South Carpathians, as well as the problem of the granitoid origin, were the omega point of this study.

Danubian Nappes have basements that can be ascribed to two contrasting metamorphic lithologic units: the metasedimentary LP-HT Lainici-Păiuș Group and the metabasic MP-MT Drăgășan Group. Both Lainici-Păiuș and Drăgășan type basements of the Danubian Nappes comprise different types of granitoids, extremely varied. Although often transformed to low-grade mylonites during the Alpine orogeny, they possess preserved areas where primary magmatic structures and mineralogy can still be observed. In the Lainici-Păiuș basement, the following succession of granitoids, from the oldest to the youngest, has been observed:

- Petreanu and Furcătura gneissic granitoid massifs (Pan-African pre-collisional granitoids);
- Lainici-Păiuș syn-kinematic leucogranitic dyke swarm (Pan-African syn-collisional);
- and the following Pan-African post-collisional massifs:
 - Vârful Pietrii leucogranitic massif;
 - Șușița, Olteț and Frumosu large calc-alkaline batholiths;
 - Tismana and Novaci shoshonitic plutons;

sibil varistic.

În soclul de tip Drăgșan vârstele relative ale plutonilor nu sunt cunoscute, relații mutuale nefiind observabile pe teren. Legătura dintre granitoide și arcul insular Drăgșan nu este cunoscută. Dyke-urile sunt rare în grupul Drăgșan, dar în unele zone lamprofire sau microgranite porfirice pot forma roiuri. Au fost cercetați cinci plutoni:

- plutonii calcoalcalini Parâng, Sfărdin, Cherbelezu și Muntele Mic;

- plutonul leucogranodioritic Retezat.

Acestor două seturi plutonice le adăugăm o serie de dyke-uri lamprofirice care ar putea avea aceeași vârstă cu cele din Complexul Filonian Motru, dar care pot fi și mai tinere.

Au fost obținute și date geochimice asupra masivului peraluminos varistic Sichevița din soclul pânzei gețice.

Studiul este astfel focalizat asupra a 18 masive sau ocurențe: 145 de eșantioane au fost analizate pentru elemente majore și minore (36 de elemente), din care pentru 30 de eșantioane au fost analizați izotopii Rb-Sr și Sm-Nd. Au fost folosite cele mai bune metode aflate la dispoziție: XRF, ICP-MS și TIMS.

Baza de date cuprinde astfel peste 5500 de valori și poate fi considerată o contribuție majoră la baza de date geochimice românească. În raportul înaintat Comisiei Comunităților Europene în octombrie 1997 am prezentat o interpretare preliminară a întregului set de date și un studiu detaliat al unui masiv deosebit de atractiv: plutonul Tismana. Pentru acest masiv, deosebit de complex și bine conservat, interpretarea datelor geochimice (33 de analize) a relevat mecanismele complexe (dar direcționate) de formare a seriei de roci.

În ceea ce privește procesele petrogenetice, modelarea masivului Tismana a condus la concluzii remarcabile. Deși la prima vedere geochimia diferitelor tipuri de roci apare foarte dispersată, s-a putut stabili o legătură printr-o linie de filiație a lichidelor (liquid line of descent) între anclavele microgranulare și rocile lor gazdă. Această linie de evoluție a magmei poate fi controlată atât prin abordarea geochimică, cât și prin cea termodinamică, ambele metode conducând la rezultate similare. S-a demonstrat amestecul (mixing) diferitelor lichide la diverse stadii de evoluție, ceea ce implică existența unor gradienti chimici în camere magmatice. În fine, caracteristicile izotopice pot fi interpretate ca indicând contaminarea selectivă, neevidențiată de concentrațiile în elemente minore. Această interpretare sprijină o posibilă decuplare a izotopilor Sr și Nd în raport cu elementele majore și minore în cadrul proceselor petrecute în camere magmatice. Lucrarea "Shoshonitic liquid line of descent from diorite to

- late-kinematic calc-alkaline porphyry dykes swarm (Motru Dyke Swarm-MDS);

- Ogradena peraluminous heterogeneous granite, possibly of Variscan age.

In the Drăgșan basement, the relative ages of the plutons are not known, no mutual relations being observed in the field. Their link with the Drăgșan island arc is not known. Dykes are rare in the Drăgșan Group, but lamprophyres or porphyry microgranites may form swarms in some areas. Five plutons have been studied:

- Parâng, Sfărdin, Cherbelezu and Muntele Mic calc-alkaline plutons;

- Retezat leucogranodioritic pluton.

To these two major granitoid sets, we have added a series of lamprophyric dykes which could have the same age as the Motru swarm, but could also be much younger.

Some data have also been obtained in the basement of the Getic Nappe on the Sichevița peraluminous massif of Variscan age.

Our study is focused on 18 massifs or occurrences: 145 samples were analysed for major and trace elements (36 elements) and 30 samples for Rb-Sr and Sm-Nd isotopes. The best available analytical methods were used for this purpose: XRF, ICP-MS and TIMS.

The database thus comprises more than 5500 values and can be considered as a major input to the Romanian geochemical database. In the report forwarded to the Commission of the European Communities in October 1997 we presented a preliminary interpretation of this whole data set and a detailed study of one particularly attractive massif: the Tismana pluton. A thorough interpretation of the geochemical data (33 analyses) has revealed the complex (but straightforward) mechanisms of formation of the Tismana rock series.

As far as petrogenetic processes are concerned, the modelling of the Tismana body led to very fruitful conclusions. Though at first sight the geochemistry of the different rock types seems very dispersed, it has been shown that a connection could be made between the microgranular enclaves and their host rocks through a liquid line of descent. This line was constrained with geochemical and thermodynamical approaches, both methods giving consistent results. Mixing between different liquids at different stages of evolution was demonstrated, which implies the existence of chemical gradients in magma chambers. Finally, the isotope characteristics can be interpreted as due to selective contamination, unsupported by trace element concentrations. This interpretation confirms a possible decoupling of the isotopes and the other trace and major elements in magma chamber pro-

granite: the late Precambrian post-collisional Tismana pluton (South Carpathians, Romania)" de J.C. Duchesne, T. Berza, J.P. Liégeois and J. Vander Auwera, aparută (1998) în *Lithos* - Special Volume dedicated to Post-collisional plutonism (*Lithos*, 45, p. 281-303), detaliază aceste aspecte.

Pentru celelalte 17 ocurențe, gradul de acumulare al datelor este diferit. În ciuda numărului mic de analize per masiv, folosirea criteriilor chimice pentru caracterizarea diferitelor suite magmatice oferă o imagine asupra evoluției magmelor ducând la distribuția actuală a tipurilor petrografice. Aceasta se datorește în primul rând selecției unor eșantioane reprezentative (printr-o metodă de explorare, pentru Rb, Sr, Zr, Nb, a unui număr mai mare de eșantioane) și, în al doilea rând, determinării unui mare număr de elemente cu semnificație petrogenetică. Cu excepția masivelor Tismana, Novaci, Vârful Pietrii, Sfărdin și Cherbezeu (cu de la 33 până la 7 analize fiecare), pentru ceilalți plutoni am efectuat 2 până la 6 analize. O abordare grafică a reprezentativității eșantioanelor noastre a fost folosită pentru a compara cu rezultatele din literatura existentă analizele noi pentru unele elemente sau parametri specifici. Aceasta permite o estimare a reprezentativității eșantioanelor selecționate; a rezultat o reprezentativitate bună până la excelentă.

Până acum, unele dintre rezultatele cooperării dintre geologii români și belgieni au condus la reconstituirea unor stadii timpurii ale evoluției geologice a soclurilor pânzelor de șariaj din Carpații Meridionali:

- la 800 Ma - formarea unui arc insular oceanic (Drăgșan terrane) și evoluția sa subaeriană;
- la 780 Ma - acretarea arcului insular (Drăgșan terrane) la un vechi continent a generat un magmatism calcoalcalin, restrâns ca amploare (protolithul gnaiselor oculare de Făgețel din cadrul grupului Drăgșan). Aceasta a fost mai curând o acostare (docking) decât o coliziune majoră;
- la 600 Ma - o coliziunea majoră a indus un metamorfism în faciesul amfibolitelor, de presiune medie în grupul Drăgșan și de presiune coborâtă în grupul Lainici-Păiuș, cu generare de leucogranite, care apar în grupul Lainici-Păiuș ca roiuri de dyke-uri sincinematice. Presupunem acesta a fi momentul coliziunii Drăgșan contra Lainici-Păiuș;
- la 580-560 Ma - generarea și intruderea în aceste socluri a unor corpuri de granitoide; acestea etaleză serii sodice până la potasice (incluzând compoziții shoshonitice), însă granitoidele peralcaline lipsesc. Finalul acestui important eveniment magmatic post-colizional este marcat de apariția dyke-urilor cu tendințe sodice sau potasice (lamprofirice).
- la 300 Ma - orogeneza varistică a reactivat varia-

cesses. A paper entitled "Shoshonitic liquid line of descent from diorite to granite: the late Precambrian post-collisional Tismana pluton (South Carpathians, Romania)" by J.C. Duchesne, T. Berza, J.P. Liégeois and J. Vander Auwera has been published (1998) in *Lithos* - Special Volume dedicated to Post-collisional plutonism (*Lithos*, 45, pp. 281-303).

The maturation of the data concerning the other 17 occurrences is not yet completed. Despite the small number of analyses performed for each massif in this study, the use of chemical criteria to characterise the various granitoid suites offers a useful image of the evolution of magmas leading to the present distribution of petrographic types. This is firstly due to the selection of representative samples (thanks to an exploration method in which the contents of some element - Rb, Sr, Zr, Y - are measured in a larger number of samples than those completely analysed) and secondly to the determination of a large number of elements with petrogenetic significance. Except for Tismana, Novaci, Vârful Pietrii, Sfărdin and Cherbezeu, which are relatively well represented (from 7 to 33 samples), we have performed only 2 to 6 analyses for the other plutons. A graphical approach of the representativity of the newly analysed samples was used to compare new analyses to the existing data in the literature for some diagnostic elements or characteristic parameters. This allows an estimation of the representativity of the selected samples. In general the representativity is good to excellent.

Up to now, the results of the co-operation between Romanian and Belgian geologists allow to reconstruct some early stages of the geological evolution of the basement of the nappes building the South Carpathians:

- at ca 800 Ma, an oceanic island arc (Drăgșan terrane) formed and reached the maturity stage in an aerial environment;
- at ca 780 Ma, this island arc collided with an old continent that produced limited calc-alkaline magmatism (protholith of Făgețel augengneiss in Drăgșan amphibolites). This collision was rather a docking than a major collision;
- a major collision occurred later, at ca 600 Ma: it induced amphibolite facies metamorphism, medium-pressure in Drăgșan Group and low-pressure in Lainici-Păiuș Group, and generation of leucogranites, represented in particular by the Lainici-Păiuș syn-kinematic dyke swarm. We suppose this to be the collision of Drăgșan against Lainici-Păiuș terranes;
- at ca 580-560 Ma, several generations of granitoids intruded these basements; they display sodic to potassic lineage (including shoshonitic types), but true alkaline granitoids are lacking. The end of this important post-collisional magmatic event groups

abil aceste socluri panafricane, cu generare limitată a magmelor granitice de tip S (Ogradena?), dar a creat geometria actuală: soclul Drăgșan șariat peste soclul Lainici-Păiuș;

- la 70 Ma - în timpul orogenezei alpine, soclurile pre-alpine au fost șariate spre sud peste platforma moesică. Fragmente ale soclurilor prealpine au fost prezervate în cadrul structurilor alpine. Orogeza alpină a generat plutoni calcoalcalini "high-K" (banatitele) în partea de vest a Carpaților Meridionali (acești plutoni nu au făcut obiectul prezentului studiu).

Concluziile studiului nostru sunt:

(1) Datele geochimice arată clar că fiecare pluton din Carpații Meridionali își are propria semnătură, cu toate că pot exista și asemănări importante. Teoretic, acesta este rezultatul, pe de o parte, al diferențelor privind sursa și modalitățile procesului de topire parțială și, pe de altă parte, a proceselor de diferențiere petrecute în decursul cristalizării, fie prin cristalizare fracționată, fie prin asimilarea rocilor gazdă. Tehnicile de modelare geochimică pot singure rezolva acest aspect. Acest demers laborios a fost aplicat masivului Tismana, unul din rarele corpuri granitoide din lume cu chimism shoshonitic. A rezultat astfel o evoluție complexă, în care au funcționat două camere magmatice situate la nivele diferite în crusta terestră, imprimând semnătura geochimică a rocilor. Prima, situată la mare adâncime, a fost locul cristalizării fracționate, cu formarea cumulatelor stratiforme și a unei coloane de magmă zonată chimic. Mișcări tectonice târzii au golit această cameră, topiturile expulzate (împreună cu cumulatele peridotitice asociate) fiind amestecate între ele, înaintea și în timpul intruziunii în cea de a doua cameră, în care a avut loc consolidarea finală. Acest scenariu este acum controlat de modelul petrologic al evoluției "liniei de filiație a lichidelor" (liquid line of descent) pe care am pus-o în evidență și prin dovezile amestecului diferitelor lichide în stadii succesive de evoluție de-a lungul acestei linii de filiație. Un demers similar ar trebui întreprins și pentru celelalte masive studiate, dar numărul mic de analize al celorlalte masive nu permite în stadiul actual acest grad de detaliere.

(2) Vârsta de 567 Ma a granitului de Tismana este o bornă decisivă în evoluția cronologică a soclului danubian din Carpații Meridionali deoarece datează stadiul final al procesului orogenic. Trebuie remarcat că am demonstrat existența indubitabilă a terenurilor panafricane în Carpații Meridionali. Vârsta plutonului Tismana permite și controlul interpretării caracteristicilor izotopice ale altor masive. În timpul acestui studiu am realizat, de asemenea, importanța datării câtorva altor masive prin metoda U-Pb pe

both sodic and potassic (lanprophyric) dykes;

- at ca 300 Ma, these Pan-African basements were variably reactivated by the Variscan orogeny, which produced only limited amounts of crustal S-type granites (Ogradena?), but created the present-day geometry: Drăgșan basement overlying Lainici-Păiuș basement;

- at ca 70 Ma, during the Alpine orogeny, all the pre-Alpine rocks were thrust to the south onto the Moesian Platform. This event has allowed the preservation of nice pieces of basement as tectonic slices in the Alpine structure. The Alpine orogeny produced high-K calc-alkaline plutons (banatites), to the west of the South Carpathians (these rocks have not been studied here).

The main conclusions of our study are the following ones:

(1) The present geochemical data clearly show that each pluton from the South Carpathians realm possesses its own signature, although important similarities exist. This is theoretically the result, on the one hand, of differences in the source rock composition and in the modalities of partial melting processes and, on the other hand, of the differentiation processes occurring during crystallisation, either by fractional crystallisation or assimilation of country rocks. Trace element modelling technique is needed to completely solve this aspect. This time consuming work has been applied to the Tismana massif, a rare occurrence of shoshonitic granitoids in the world. It is shown that a complex history, in which two magma chambers at different levels in the crust have played a role in the evolution, has coined the geochemical signature of the rocks: the first one, at depth, has been the locus of fractional crystallisation with formation of layered cumulates and of a column of chemically zoned magma. Late tectonic movements have emptied this chamber and the expelled melts (and their associated peridotite cumulates) have been mixed together before and during their intrusion in the second magma chamber, where final consolidation has taken place. This scenario is actually constrained by the petrological model of evolution of the "liquid line of descent" that we have put forward and by evidence of mixing of various liquids at different stages of evolution along this liquid line of descent. A similar approach should also be attempted for the other massifs, though the relatively little number of currently available samples will not permit the same degree of sophistication.

(2) The Tismana age of 567 Ma is a decisive milestone in the chronological evolution of the South Carpathians because it dates the waning stages of the orogenic processes. It should be pointed out that we have unambiguously demonstrated the existence of Pan-African ages in the South Carpathians. The

zircoane: vârsta plutonului Retezat din terrane-ul Drăgșan este esențială pentru controlul perioadei în care a avut loc importanta încălecare a grupului Drăgșan peste grupul Lainici-Păiuș. În mod asemănător, cunoașterea vârstei masivului Sfărdin (alt pluton din soclul tip Drăgșan) ar permite confirmarea cronologiei intruziunilor din acest terrane și compararea cu vârsta de 567 Ma de la Tismana. În terrane-ul Lainici-Păiuș, vârsta U-Pb pe zircoane a masivelor Petreanu (deformat) și Vârful Pietrii (sill concordant nedeformat) ar fixa limitele perioadei de intruziune a plutonilor granitoizi.

(3) Cazul Tismana arată că magmatismul postcolizional poate avea afinitate shoshonitică. Plutonul Novaci, ce arată asemănări evidente pe teren și sub microscop cu Tismana, este de asemenea shoshonitic în cazul rocilor bazice, dar cele acide nu sunt atât de bogate în potasiu. Caracterul shoshonitic dobândit la începutul evoluției a fost demonstrat prin faptul că lichidul parental și cele mai primitive cumulate peridotitice sunt bogate în K. Am tras concluzia că mantaua generatoare a fost, de asemenea, bogată în potasiu, poate datorită unei metasomatoze anterioare legată de subducție.

(4) În acest mediu postcolizional, evoluția granitoidelor indică o îmbogățire în timp progresivă în anumite elemente majore și minore, de la seriile calcoalcaline sincolizionale la cele "high-K" și apoi la cele shoshonitice ("very high-K"). Aceasta evoluție a fost observată în multe alte provincii și datele noastre pot fi utilizate pentru construirea unui model mai general. În dănubianul Carpaților Meridionali se observa o trăsătură aparte prin faptul că plutonii granitoizi sunt intruși în socluri formate în medii geotectonice diferite: arc insular pentru soclul tip Drăgșan și margine continentală pentru cel tip Lainici-Păiuș. Ambele serii de plutoni prezintă în linii mari aceleași tipuri de granitoide (leucogranitoide, granitoide calcoalcaline), dar stadiul shoshonitic a fost observat numai în soclul tip Lainici-Păiuș. Ambele socluri sunt traversate de roiuri de dyke-uri calcoalcaline (Complexul Filonian de Motru - CFM - și lamprophyrele), arătând că în stadiile finale ale evoluției tectonice o fază extensională de deformare le-a afectat producând, în mod surprinzător, topituri calcoalcaline. Aceasta sugerează apropierea geografică a celor două terrane-uri în panafricanul tarziu (o primă coliziune fiind marcată de gnaisele oculare de Făgețel la 777 MA), încălecarea Drăgșan / Lainici-Păiuș (varistică sau mai nouă) fiind o structură intraterrane. Această recurență calcoalcalină indică o sursă unică pentru ambele grupe de granitoide, diferențele legate de situarea într-un terrane sau în altul fiind probabil o trăsătură superficială responsabilă doar pentru evoluția terminală a magmatismului granitoid.

Tismana age also permits to constrain the interpretation of the isotope characteristics of the other massifs. During this study we have also realised the importance of dating few more massifs by U-Pb zircon method: the age of Retezat pluton in the Drăgșan terrane is a key constraint for the exact age of the large pre-Alpine overthrust of the Drăgșan Group over the Lainici-Păiuș Group. Similarly, U-Pb age on the Sfărdin massif (another pluton in the Drăgșan basement) would permit to confirm the chronology of the intrusions in that terrane and to compare it with the 567 Ma of Tismana. In the Lainici-Păiuș terrane, the U-Pb zircon age on Petreanu (deformed) and on Vârful Pietrii (undeformed but concordant sill) would bracket the intrusive period of the granitoid plutons.

(3) The Tismana case has shown that the post-collisional magmatism can be of shoshonitic affinity. Novaci, which shows obvious similarities in the field and under the microscope with Tismana, is also shoshonitic in its more mafic rocks but its acidic rocks are not so K-rich. We have shown that this shoshonitic character is earmarked from the beginning of the evolution: the parental liquid and also the most primitive peridotitic cumulates are K-rich. We have concluded that the mantle was also K-rich, possibly due to a previous subduction-related metasomatism.

(4) In this late-collisional setting, the granitoid evolution indicates a progressive enrichment with time in typical trace and major elements, from calc-alkaline syn-collisional series to high-K and shoshonitic (very high-K) kindreds. This evolution has been observed in many different provinces and our findings can be used to build up a more general model. In the South Carpathians, a particular feature is observed: most granitoids are distributed in two different types of nappe basement which have been formed in distinct geological environments, the Drăgșan and Lainici-Păiuș nappe basements respectively built in an island arc and a continental margin settings. Both series of granitoids show grossly similar petrographic types (leucogranites, calc-alkaline granites). The shoshonitic stage is, however, observed only in the Lainici-Păiuș terrane. Both terranes are also cut across by dyke swarms of calc-alkaline composition (the Motru Dyke Swarm - MDS - and the lamprophyres), thus showing that in the latest stages of tectonic evolution an extensive phase of deformation have affected the two terranes to produce (surprisingly) calc-alkaline melts. This points to geographic proximity of the two terranes in Late Pan-African times (the docking is supposed to produce the Făgețel augengneiss dated at 777 Ma), the Drăgșan-Lainici-Păiuș thrust (Variscan age or later) being an intraterrane structure. This calc-alkaline recurrence in ex-

(5) Distribuția pământurilor rare în "granitoidele medii" arată mari asemănări, indiferent de tipul de terrane (Drăgșan sau Lainici-Păiuș) în care acestea sunt cantonate, indicând de asemenea o sursă comună (fig.). Presupunând că arcul insular și marginea continentală au avut compoziții chimice diferite, este greu de admis că ele au putut produce magme asemănătoare. Se poate deci accepta că cele două terenuri erau deja sudate de o importantă încălecare ce dublica crusta, astfel încât aveau un fundament comun.

(6) Totuși, marea varietate de vârste TDM indică fie că rocile sursă aveau vârste diferite, fie că diversele granitoide au rezultat din amestecul în proporții variate al unei surse juvenile (manta sau crustă recent formată) cu o componentă veche crustală (arhaică).

(7) Deși cele mai multe masive arată, pe criterii structurale, o geneză postcolizională, ele au totuși o gamă largă de compoziții chimice care, atunci când sunt folosite criteriile de discriminare clasice, ar indica medii sincolizionale sau intraplacă. Aceasta confirmă ineficiența acestor criterii, cel puțin în cazul prezent.

(8) Deși au caracteristici petrografice (în primul rând caracterul leucocratic) și trăsături geochemice comune, masivul Vârful Pietrii și dyke-urile leucogranitice sincinematice nu sunt înrudite: sursele lor au vârste și caracteristici izotopice diferite. De remarcat că feldspații potasici "negri", caracteristici acestor dyke-uri, nu apar în leucogranitele de Vârful Pietrii.

(9) Ogradena este un granitoid tipic pentru topituri crustale (granit tip S). El arată o distribuție a pământurilor rare cu conținuturi relativ joase în elemente incompatibile, sugerând un grad scăzut de topire parțială (când mineralele refractare bogate în REE nu au fost încă dizolvate în leucosoma). Unele roci sunt foarte asemănătoare cu roci din masivul Sichevița (distribuție plată și joasă a REE). Aceste similități sugerează că izocrona Rb-Sr varistică obținută pentru Ogradena reflectă vârsta intruziunii, deoarece pentru masivul Sichevița există vârste U-Pb varistice. De remarcat însă că Ogradena este conținut în soclul danubian, în timp ce Sichevița aparține panzei getice. Trebuie remarcat că vârsta varistică obținută pentru Ogradena este un alt rezultat al acestui studiu. Se impun alte studii de geochemie a elementelor majore și minore și izotopică asupra rocilor din masivul Sichevița, pentru a documenta procesele de topire crustală varistice. În același mod, o atenție particulară ar trebui acordată leucogranitelor Lainici-Păiuș, ce evidențiază anatexia *in situ* (endomigmatite).

(10) Carpații Meridionali expun o suită unică de granitoide intruse după orogeneza panafricană.

tensional environment suggests that a similar source must have been available for both groups of granitoids, the terrane difference being probably a superficial feature only responsible for the late evolution of the granitoids.

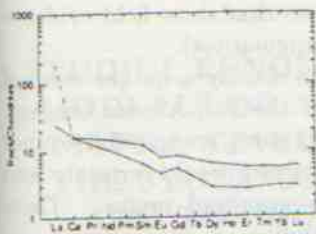
(5) REE distributions in the "average granites" show many similarities irrespective of the type of terrane (Drăgșan or Lainici-Păiuș) in which the granites have been emplaced. This again points to a common source (Fig.). Considering that the island arc and the continental margin environments had probably distinct chemical composition, it is difficult to admit that they could have produced similar magmas. One is therefore forced to accept that the two terranes were already welded together by a large thrust duplicating the crust in such a way that they had a common basement.

(6) The large variety of TDM ages, however, indicate either that the source rocks were made up of fragments of different ages, or that the different granitoids result from the mixing of a juvenile source (mantle or recently formed crust) with an old Archaean crustal component.

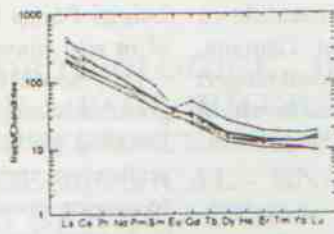
(7) Though most granitoids occur in the same post-collisional tectonic setting they, however, show an extended range of chemical composition which, when classical discrimination criteria are used, would indicate syn-collisional to within-plate settings. This confirms the inadequacy of these criteria, at least in the present case.

(8) Though they have common petrographic characteristics (namely their leucocratic character) and geochemical features, the Vârful Pietrii large sill and the Lainici-Păiuș leucogranitic dykes are not related: their sources have quite distinct age and isotope characteristics. Note that "black" K-feldspars, characteristic of these dykes, are not known in Vârful Pietrii.

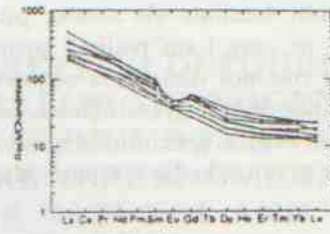
(9) Ogradena is a typical crustal melt (S-granite). It shows a REE distribution with rather low incompatible element contents, suggesting low degree of partial melt (when refractory REE-rich minerals are not yet dissolved in the leucosome). Some rocks are very similar to Sichevița rocks (flat and low REE pattern). These similarities suggest that the Rb-Sr Variscan isochron measured in Ogradena is the emplacement age, as for Sichevița there are U-Pb Variscan ages. Note, however, that Ogradena is intruded in the Danubian basement and Sichevița is in the Getic Nappe basement. It should be highlighted that the Variscan age obtained for Ogradena is another original result of this study. It certainly urges for further studies (major, trace and isotope elements) of Sichevița rocks to better document the Variscan crustal melting process. In the same way, peculiar attention should also be brought to the



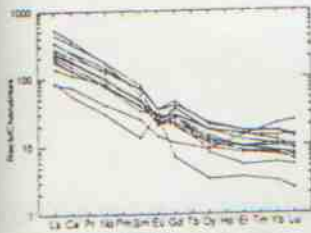
Peridotite din granitoidul de Tismana



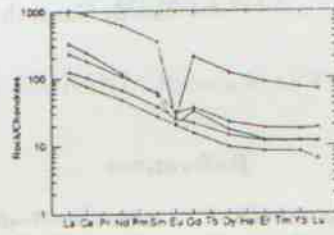
Tismana - diorite, monzodiorite, tonalite



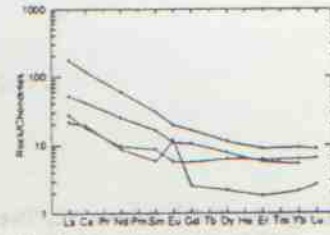
Tismana - granodiorite



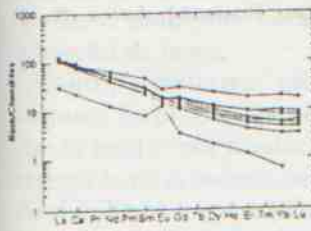
Tismana - granite, aplite



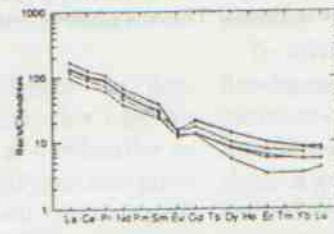
Novaci



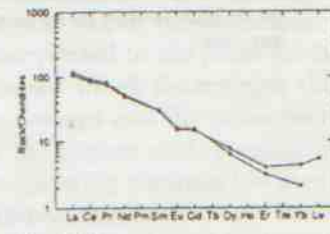
Furcatus



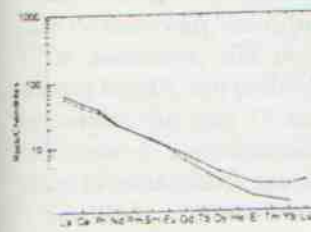
Petrcani



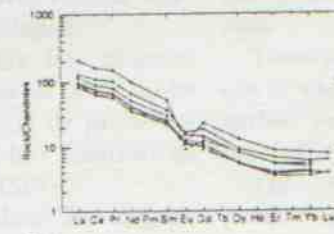
Parang



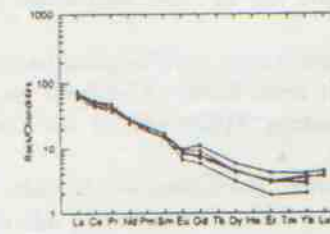
Muntele Mic



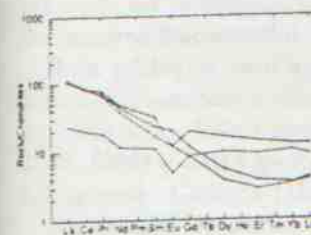
Jucetali



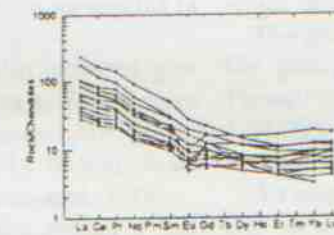
Sardin



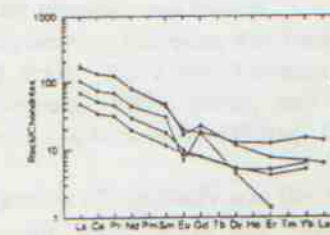
Cherbelezu



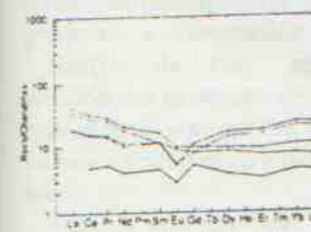
Sicbevița



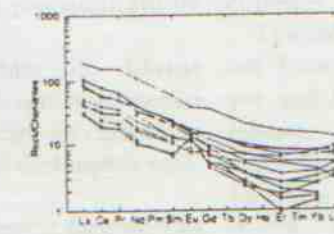
Varful Pietrii



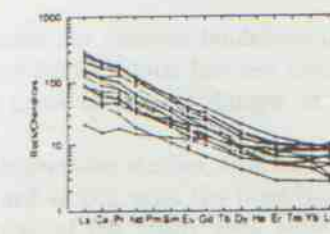
Leucogranite de Lainici-Patus



Ogradena



Susita, Oltet, Frumosu



CFM

Variation diagrams of the REE contents, chondrite normalized (normalization values, after Nakamura, 1974)

Studii detaliate ale acestor plutoni, comparabile cu cel pe care l-am realizat pentru masivul Tismana, vor conduce desigur la obținerea unor constrângeri asupra originii granitoidelor. Se impun diferite studii (petrologice, geochemice, geocronologice) asupra seriilor granitoide din Carpații Meridionali.

Lainici-Păiuși leucogranites that show field evidence of *in situ* anatexis (endomigmatites).

(10) South Carpathians display a unique suite of granitoids emplaced after the Pan-African orogeny. Detailed studies of these plutons, comparable to that realised on the Tismana massif, would certainly lead to major constraints on granitoid origin. There is a need for several studies on the different aspects (petrology, geochemistry, geochronology) of the South Carpathians series.

References

- Liégeois, J. P., Berza, T., Tatu, M., Duchesne, J. C. (1996) The Neoproterozoic Pan-African basement from the Alpine lower Danubian nappe system (South Carpathians, Romania). *Precambrian Res.*, 80, pp. 281-301.
- Duchesne, J. C., Berza, T., Liégeois, J. P., Vander Auwera, J. (1998) Shoshonitic liquid line of descent from diorite to granite: the late Precambrian post-collisional Tismana pluton (South Carpathians, Romania). *Lithos*, 45, pp. 281-303.