



Акцесорните аланити – индикатори на магматичните процеси в Скрътските гранитоиди, Беласица планина

Е. Тарасова, М. Тарасов

Централна лаборатория по минералогия и кристалография, БАН, 1113 София;
e-mail: etarassova@clmc.bas.bg, mptarassov@clmc.bas.bg

Аланитът - $(Ca, REE, Th)_2(Fe^{2+}, Fe^{3+}, Ti)(Al, Fe^{3+})_2(SiO_4)_{12}(OH)$, е минерал от епидотовата група и според преобладаващия редкоземен елемент (REE) или Y в състава му се различават следните разновидности: аланит-Се, аланит-La и аланит-Y (Deer *et al.*, 1986; Ercit, 2002). Най-разпространен, особено в интрузивни скали е аланит-Се, в който рязко преобладават леките редкоземни елементи (LREE). Акцесорните аланити са едни от най-ранните магматични минерали и не само контролират разпределението на REE, Th и U в гранитоидните скали, но и са индикатори за типа на родоначалната магма и нейната кристализационна история, а също така и за ремобилизацията и концентрацията на REE по време на късни хидротермални процеси (Broska *et al.*, 2000; Poitrasson, 2002). Присъствието на повишени количества от актиноидни елементи, Th и U, чийто радиоактивен разпад води до натрупването на радиогенно Pb, прави аланита атрактивен и перспективен обект за целите на локалното геохронологичното датироване (Catlos *et al.*, 2000).

В настоящата работа са представени изследванията на морфологията, минералните асоциации и химичения състав на аланити от Скрътските порфирни гранитоиди, на основата на които са изведени важни петрогенетични следствия за вместиращите ги скали.

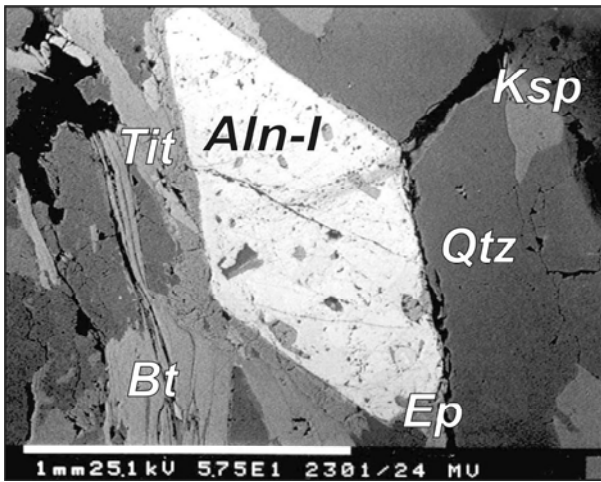
Кратка характеристика на вместиращите скали

Скрътските порфирни гранитоиди се разкриват в Беласица планина, южно от с. Скрът. Вместени са сред високометаморфни скали от Огражденската супергрупа (биотитови и двуслюдени гнайси), а на изток граничат чрез тектонски контакти с недеформирани дребнозърнести амфибол-биотитови гранитоиди. Кристализирали са от калциево-алкална магма, показваща тенденция за диференциация от гранодиорити към гранити. По предварителни данни на Zidarov *et al.* (2002) изотопните и химичните характеристики на гранитоидите свидетелстват за коров източник на магмата (началното

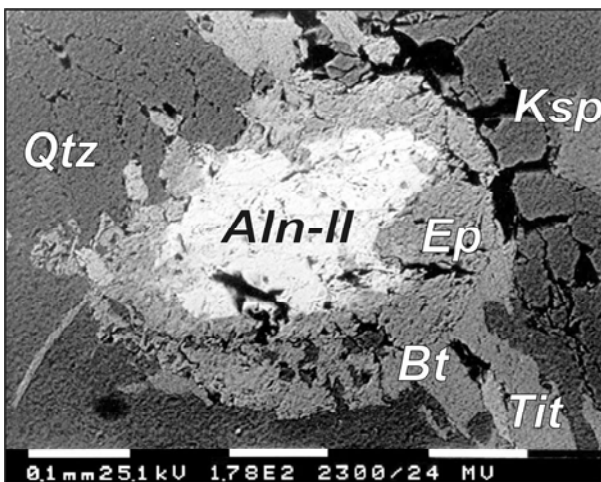
стронциево отношение $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0$ е 0.7132 ± 0.0031) и средно-горноюрска възраст (167 ± 9.9 Ma) на кристализация. Слабо пералуминиевият им характер (среден коефициент ASI = 1.09) добре корелира с данните от изотопните изследвания. По минерален състав са биотитови, двуфелдшпатови (микроклинови фенокристали и олигоклаз), с ясно изразена порфирна текстура по микроклин. Неравномерно проявена магматична фолиация се маркира от къси, ориентирани в една посока кварц-биотитови ивички. Последователността на кристализация на главните скалообразуващи минерали е: плагиоклаз → биотит → кварц → калиев фелдшпат. Акцесорната асоциация (в количество до 1.2%) в гранитоидите е представена главно от минерали на епидотовата група (аланит и епидот), а също и от апатит, титанит и циркон. С неравномерно проявена хидротермална промяна, изразяваща се в серицитизация и албитизация на плагиоклаза, заместване на биотита от хлорит и появата на карбонатни жилки, е свързано формирането на бедна рудна минерализация (магнетит, арсенопирит, пиротин, пирит, халкопирит, галенит, сфалерит, молибденит, самородно злато и самородно сребро).

Петрографска характеристика на аланитите

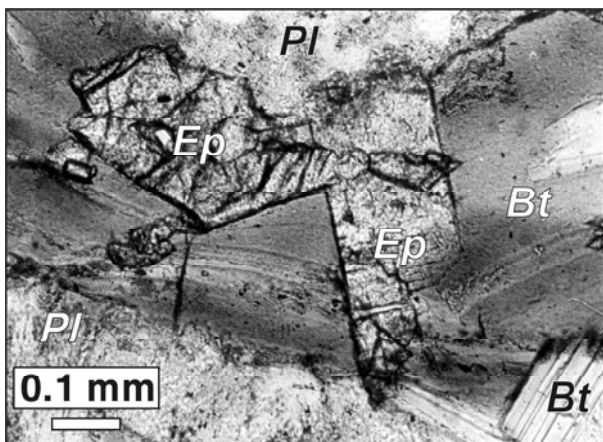
Изследването с оптична и сканираща електронна микроскопия показва наличието на две морфоложки разновидности аланити в гранитоидите. Аланит I е представен от призматично удължени идиоморфни кристали с размер до 3 мм (фиг. 1). Аланит II се наблюдава като неправилни кристали с размер до 1 мм (фиг. 2). Макроскопски и двата типа аланит са черни със стъклен блясък, а в проходяща светлина са кафяви и обраснали с безцветен епидот, придаващ зонален вид на аланит-епидотовите агрегати. Кристализацията на епидота протича както със заместване на аланитите, така и с тяхното образване. За разлика от аланит I, аланит II е



Фиг. 1. Идиоморфен кристал на аланит I. СЕМ – изображение.



Фиг. 2. Аланит II силно кородиран от епидот. СЕМ – изображение.

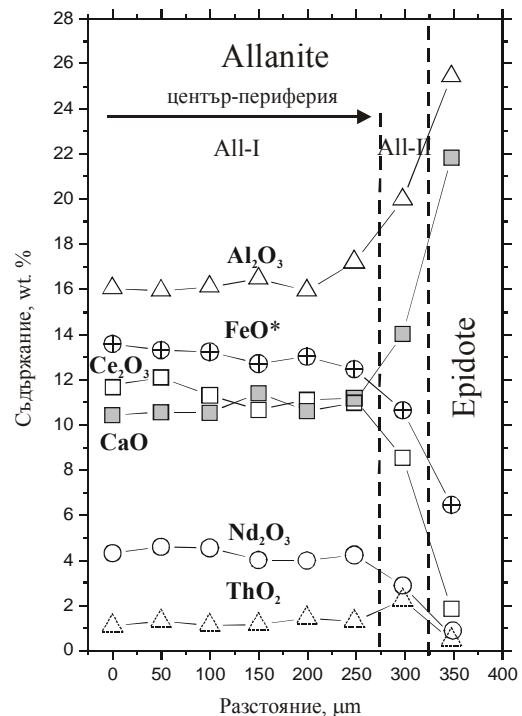


Фиг. 3. Раноматичен епидот демонстриращ взаимоотношения на разтваряне на контакти с плагиоклаза и със запазени идиоморфни очертания на контакти с биотита. Оптичен микроскоп, П николи.

по-интензивно заместен от епидот (фиг. 2), което му придава ксеноморфен облик. Освен срствания с аланита, епидотът формира и самостоятелни кристали, които демонстрират взаимоотношения на разтваряне по контактите с плагиоклаза. Те са със запазени идиоморфни очертания в случаите, когато са включени в биопита (фиг. 3). Такъв тип взаимоотношения на аланитите (I и II) и епидота с останалите минерали е указание за ранноматичен произход на епидотовата група минерали. Въпреки, че двете разновидности аланити се срещат в едни и същи скални образци, не са наблюдавани преки взаимоотношения между тях.

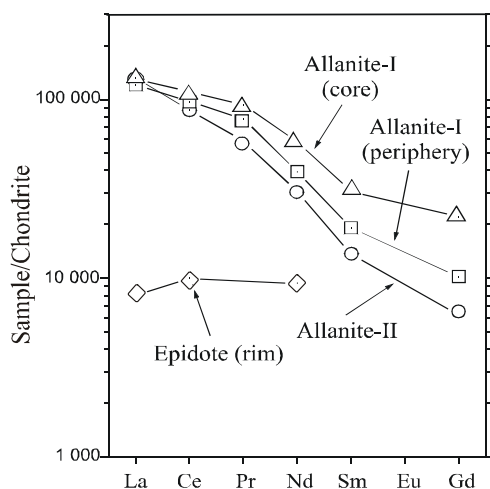
Химичен състав

Двете разновидности аланити са представени от т.н. аланит-Се и химичните им състави показват максимално съдържание на $REE_2O_3 + UO_2 + Th_2O_3 + Y_2O_3$ до 24.2 wt. %. От REE са установени (wt. %): La (до 5.1), Ce (до 11.2), Pr (до 1.2), Nd (до 4.4), Sm (до 0.72) и Gd (до 0.70). Съдържанието (wt. %) на Y е до 0.49, а на U - до 1.5. Главното различие между двете разновидности на аланита е в съдържанието на REE и Th. Аланит I е с по-ниско съдържание на Th (ThO_2 0.8-1.8 wt. %) и по-високо на REE, докато при аланит II по-високо е това на Th (ThO_2 - 2.1-3.9 wt. %), а по-ниско - на REE. В някои случаи кристалите на аланит I притежават обеднени на REE и обогатени на Th периферни зони (10-50 μm), съответстващи по състав на аланит II, което е илюстрирано на фиг. 4.



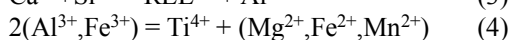
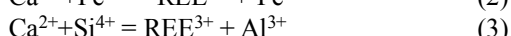
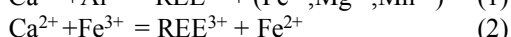
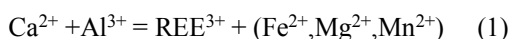
Фиг. 4. Разпределение на химичните елементи (wt. %) от центъра към периферията в аланитов кристал.

Едно от възможните обяснения на този факт е, че аланит II е кристализирал по-късно от аланит I в друга, химически променена среда. Това схващане се подкрепя от хондрит-нормализираното разпределение на REE на двата аланита, което е указание, че аланит I се формира в по-богата на тежки редкоземни елементи (HREE) среда (фиг. 5). След изчерпване на REE започва формирането на епидот както чрез заместване на аланита, така и направо от стопилката. Епидотите частично наследяват състава на аланитите, но съдържанията на $REE_2O_3 + UO_2 + Th_2O_3 + Y_2O_3$ не превишават 5,2 wt. %. По своя състав изследваните епидоти заемат междинно положение в епидот-клиноцоизитовия изоморфен ред ($Ep_{35-65} Czo_{35-65}$).

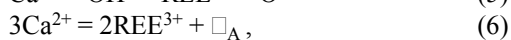
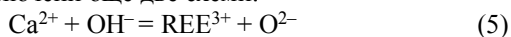


Фиг. 5. Хондрит-нормализирано разпределение на REE на аланитите и епидота.

Класически схеми на хетеровалентен изоморфизъм за минералите от групата на епидотите (Ercit, 2002) са:

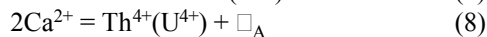
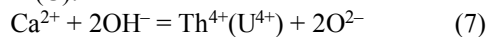


Тъй като тези схеми недостатъчно пълно обясняват съставите на изследваните аланити, се налага да бъдат включени още две схеми:



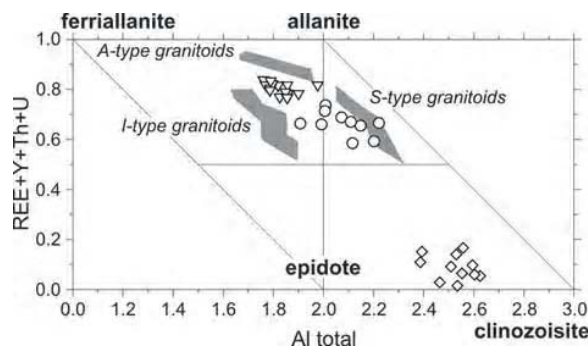
където \square_A е ваканция в позиция А. С тях се поставя под съмнение валидността на хетеровалентния изоморфизъм с включването на Th и U в структурата на минерала по схемата $2REE^{3+} = Ca^{2+} + Th^{4+}$, предложена на базата на традиционно наблюдаваното увеличение на съдържанието на Th (U) и Ca в периферните участъци на аланитовите кристали при едновременно понижаване на съдържанията на REE. Основание за това са следните аргументи: а) вариациите в съдържанията на Ca и REE в този случай не

се балансират с промени на атомните количества на Th (U) добре се обвързват със схемите на изоморфизъм (1) - (6); б) за всяка отделна генетична разновидност на изследваните аланити от Скрътските гранитоиди са установени отрицателни корелативни връзки между Ca и Th (U). На базата на тези данни са предложени следните възможни схеми за изоморфното включване на Th(U):



Предложените схеми на изоморфизъм изискват прилагането на други, по-различни от традиционните, модели за преизчисляване на кристалохимичните формули на аланита и до известна степен обясняват често получаваните „лоши“ (с голямо отклонение от 100%) електронносондови микроанализи на минерала. Схемите (5) и (7) подчертават значението на фугитивността на водорода $f(H_2)$ в магмата при формирането на аланита.

Допълнителни данни за особеностите на химизма на родоначалната магма, в която са кристализирали двата типа аланит, дава използването на диаграмата на Broska *et al.* (2002), където химичните състави (ф.е.) на изследваните минерали са нанесени в координати ($\Sigma REE + Y + Th + U$) vs. Al_{total} в рамките на 4 крайни члена: епидот, клиноцоизит, аланит и фериаланит (Фиг. 6). Разпределението на съставите на изучените аланити покрива площ, отговаряща на гранитоиди с междинни състави (между А-, I- и S-типове). Тези резултати допълват предварителните данни на Zidarov *et al.* (2002) за коров източник на магмата и са указание, че степеният коров материал е имал смесени (S- и I-тип) характеристики. От друга страна, на приведената диаграма (фиг. 6) се вижда, че съставите на двата типа аланит пространствено са ясно разграничени. Точките, отговарящи на съставите на аланит I образуват компактна група, разполагаща се в междинното пространство на А- и I-тип гранитоиди. Аланит II показва по-широки вариации в състава, но в междинната област между I- и S-тип гранитоиди. Изследваните



Фиг. 6. Състави на аланитите от Скрътските гранитоиди представени в координати REE_{total} vs. Al_{total} (ф.е.) (□ – аланит I, ○ – аланит II, ◇ – епидот). Полетата на аланитите от А-, I- и S-тип гранитоиди са по Broska *et al.* (2000).

епидоти се характеризират с почти междинни състави в епидот-клиноцоизитовия изоморфен ред.

Условията на формиране на минералите от епидотовата група в Скрътските гранитоиди могат да бъдат разширени, ако се отчитат данните и за магматичния епидот. Установено е, че по периферията на епидотовите кристали липсват реакционни обвивки. Съгласно съществуващите литературни данни (Zen, Hammarstrom, 1984; Schmidt, Thompson, 1996) това свидетелства за висока скорост на издигане и кристализация на магмата в условия на декомпресия, позволили запазването на магматичния епидот. Формирането на минералите от епидотовата група преди плагиоклаза е указание, че тяхната кристализация се е осъществявала при температура по-висока от 700°C и налягане над 10 kbar.

Заклучение

Изследваните минерали от епидотовата група (аланити и епидоти) са ранномагматични фази и съставът им отразява смесения характер на родоначалната магма. Особеностите в състава на двете установени разновидности аланити позволяват да се предположи, че в най-ранните етапи на магматичната история (формиране на аланит I) гранитоидната стопилката е била с междинни (А- и I-тип) геохимични характеристики. С напредване на процеса на стапяне и асимилация магмата постепенно се е обогатявала с S-тип протолитов компонент, което се е отразило и върху спецификата на

състава на аланит II. Двата аланита, установени в Скрътските гранитоиди, са индикаторни за ранните етапи на магматичната история на интрузива. Отговор дали предлаганата представа за ранната еволюция на магматичната система е вярна или не може да бъде получен при бъдещи по-детайлни изследвания на дефектността на аланитовата структура, изотопния състав на минерала и неговата възраст.

Литература

- Broska, I., I. Petrik, C. T. Williams. 2000. Coexisting monazite and allanite in peraluminous granitoids of the Tribec Mountains, Western Carpatians. - *Amer. Mineral.*, 85, 22-32.
- Catlos, E. J., S. S. Sorensen, T. M. Harrison. 2000. Th-Pb ion-microprobe dating of allanite. - *Amer. Mineral.*, 85, 633-648.
- Deer, W. A., R. A. Howie, J. Zussmann. 1986. *Disilicates and Ring Silicates*. - In: *Rock-forming minerals*, v. 1B, Longman Sci. & Techn., 151-179.
- Ercit, T. S. 2002. The mess that is „allanite”. - *Can. Mineral.*, 40, 1411-1419.
- Poitrasson, F. 2002. In situ investigation of allanite hydrothermal alteration: examples from calc-alkaline and anorogenic granites of Corsica (Southeast France). - *Contrib. Mineral. Petrol.*, 142, 485-500.
- Schmidt, M. W., A. B. Thomson. 1996. Epidote in calc-alkaline magmas: An experimental study of stability, phase relationships, and the role of epidote in magmatic evolution. - *Amer. Mineral.*, 81, 462-474.
- Zen, E-an, J. M. Hammarstrom. 1984. Magmatic epidote and its petrological significance. - *Geology*, 12, 515-518.
- Zidarov, N., V. Andreichev, E. Tarassova. 2002. Rb-Sr data for Jurassic granitic bodies in Belassitza mountain, SW Bulgaria. - In: *Proc. „Modern Problems of the Bulgarian geology”*, Ann. Scien. Conf. of BGS, p. 23.