



MORPHOLOGICAL, TEXTURAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF ZIRCON IN MICROGRANULAR MELANOCRATIC ENCLAVES AND THEIR HOST METAGRANITES (OGRAZH DEN MOUNTAIN, SERBO-MACEDONIAN MASSIF, SW BULGARIA)

Rositsa Titorenkova, Lubomira Macheva

Central laboratory of mineralogy and crystallography, BAS, 1113 Sofia, Bl. 107, Acad. G. Bonchev Str.;
e-mail: rositorenkova@dir.bg; e-mail: lu_macheva@dir.bg

Key words: zircon, melanocratic enclaves, metagranites, chemistry, Ograzden mountain

In the high-grade metamorphic terrains the primary textural and structural peculiarities of the rocks are commonly obliterated, thus hamper interpretations on their origin and tectonic settings.

The main part of the eastern slopes of the Ograzden mountain (Serbo-Macedonian massif, SW Bulgaria) is build up of metagranitoids with Ordovician age (Titorenkova et al., 2003). Mafic sheets and enclaves of varying sizes, shapes and granodiorite to quartz diorite composition are commonly hosted by metagranites. Melanocratic microgranular enclaves are fine-grained with microlepidogranoblastic texture, composed of plagioclase, quartz, biotite, apatite and zircon. Biotite is fine-grained and oriented parallel to the foliation. Zircon is the only preserved relict mineral. This is the reason to study the morphological, textural and chemical characteristics of zircon in microgranular melanocratic enclaves aiming to obtain additional data on their origin and magmatic source.

The external morphology was determined by the typological method. The zircon morphotypes in

melanocratic enclaves vary from L_{4-5} , S_4 , S_5 and S_3 to S_{20-24} and J. The mean point of the population is at $I. \bar{T} = 376$ and $I. \bar{A} = 442$. The temperature index $I. \bar{T}$ points to crystallization temperatures from 900 to 600° C and the chemical index $I. \bar{A}$ points to more alkaline rock-source as compared to metagranites.

The chemical composition of zircon crystals is characterized with a lower content of U, Y, P and Hf than that of zircon from metagranites. Zircon from melanocratic enclaves reveals HfO_2 content in the range from 0,11 wt% to 1.5 wt% and content of Y_2O_3 from 0 to 0.2 wt%. We use hafnium and yttrium content in zircon as most appropriate for source characterization. On the basis of the ZrO_2/HfO_2 ratio, which is above 45, and the diagram HfO_2/Y_2O_3 we may define basic to intermediate Ca-alkaline rock-source.

The obtained results on zircon morphology, internal textures and chemistry point to magma-mixing and magma mingling processes as a possible mechanism of formation of the protholites of metagranitoids.

МОРФОЛОЖКИ, ТЕКСТУРНИ И ХИМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЦИРКОН ОТ МЕЛАНОКРАТНИ МИКРОГРАНУЛАРНИ ВКЛЮЧЕНИЯ В МЕТАГРАНИТИ (ОГРАЖДЕН ПЛАНИНА, СРЪБСКО-МАКЕДОНСКИ МАСИВ, ЮЗ БЪЛГАРИЯ)

Титоренкова Росица, Любомира Мачева

Увод

Във високометаморфни скали, особено такива подложени на частично топене, първичните текстурни и структурни особености обикновено са напълно заличени. Това силно затруднява не само определянето на произхода на тези скали, но много често и интерпретациите относно тектонската обстановка на формирането им. В тези случаи цирконът, като един от най-устойчивите минерали би могъл да даде важна информация, както за възрастта на съдържащите го скали и за характера

на протолитите им, така и за тектоно-метаморфните събития, на които те са подложени.

Основната част от източните склонове на Огражден планина (ЮЗ България) е изградена от порфирни и равномерно зърнести метагранитоиди с Ордовишка възраст, главните магматични белези на които накратко са описани в Titorenkova et al. (2003). Петрохимичните и геохимичните характеристики на тези скали позволяват те да бъдат разглеждани като пералуминиеви, преобладаващо корови, S-тип гранити с

широки вариации на ASI-коэффициента (1.02-1.48). Теренните наблюдения показват присъствие на многобройни, изтеглени паралелно на фолиацията меланократни микрогрануларни включения с гранодиоритов до кварц-диоритов състав. Наличието на подобни включения в метагранитите е едно от доказателствата за техния орто-произход. Меланократните включения са с микролепидогранобластова структура и са изградени от биотит, плагиоклаз, кварц, апатит и циркон. Кварцът и плагиоклазът са представени от изометрични зърна, а биотитът е финолюспест и оформя фолиацията на скалите. С изключение на циркона други реликтови минерали от първичната скала не са съхранени. Поради тази причина детайлно са изследвани морфологията, вътрешният строеж и химичния състав на циркон, сепариран от разпръснати сред метагранитите меланократни включения, с цел да се дадат допълнителни доказателства за произхода и източника на веществото, от което те са кристализирали.

Методи на изследване

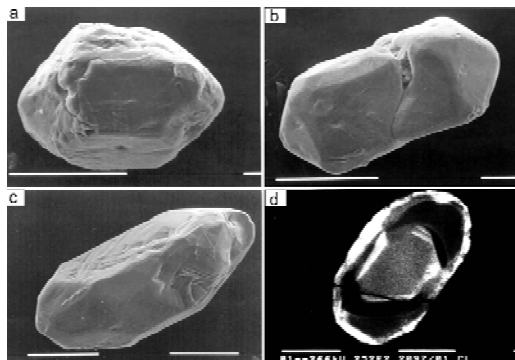
Морфологията на кристалите е определена чрез използване на статистическия тиположки метод (Purip, 1980). Вътрешният строеж е наблюдаван чрез изображения, получени с електронен микроскоп в режим на катодо-луминесценция (SEM-CL) и в режим на обратно отразени електрони (SEM-BSE). Изображенията в обратно-отразени електрони са получени на Stereoscan 250 Mk3, при сила на тока 50 nA и ускоряващо напрежение 15 kV, а тези в режим на катодолуминесценция на SEM 515- Philips при ускоряващо напрежение 25 kV. Химичните анализи (WDS) са извършени на автоматизиран микроскоп JEOL 8600 Superprobe SEMQ с пет кристал-анализатора при ускоряващо напрежение 20 kV, сила на тока 20 nA и диаметър на лъча 1-2 μm . Анализирани са основните елементи Si и Zr, както и примесните: Al, Hf, Y, P, Th, U, Yb, Er, Dy,

Fe. Като стандарти за различните елементи са използвани синтетични стъкла и природен циркон, а резултатите са коригирани със стандартни ZAF корекции.

Резултати и обсъждане

Морфология

Популацията на циркона от меланократните включения е представена от по-голям брой морфоложки типове в сравнение с тази от метагранитите (Titorenkova et al., 2002). Преобладават късопризматичните кристали от морфотипове S_4 , S_5 , S_3 , S_{20-24} и J. Кристалите са замътнени, цветът им е червеникав до червеникаво-кафеникав, с разтворени в различна степен ръбове и повърхности. Идиоморфни късопризматични кристали с преобладаващо развитие на тъпа бипирамида $\{101\}$ и призма $\{100\}$ се наблюдават често (Фиг. 1a, б). Те са характерни за високотемпературна (900-800 $^{\circ}$ C) и по-алкална среда на кристализация. Наблюдават се също заоблени и по-малки по размер изометрични и неправилни по форма кристали. Присъстват и идиоморфни, нискотемпературни морфоложки подтипове L_{4-5} и G тип, които са остенени с пирамида $\{211\}$ (Фиг. 1c). Такива кристали са типични за вместващите метагранити и са индикация за пералуминиев състав на магмата. Температурните индекси (I.T) на популацията меланократните включения варират в широки граници от 200 до 700 и отговарят на температури на кристализация от 900 $^{\circ}$ C до 600 $^{\circ}$ C. Средните стойности на $I. \bar{T} = 376$ и $I. \bar{A} = 442$ са по-високи от тези на цирконовата популация от метагранитите ($I. \bar{T} = 300-350$; $I. \bar{A} = 220-270$). Еволюционният тренд на тази популация показва следните вариации и еволюция в хабитуса от късопризматичен (J и S_{25-20} подтипове) \rightarrow изометричен (S_{13-14} подтип) \rightarrow призматичен (S_{3-5} , L подтип) \rightarrow и призматичен (L, G типове). От разпределението на морфоложките разновидности



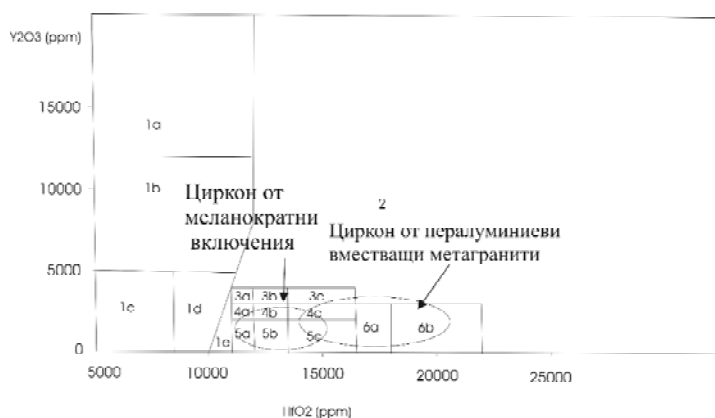
Фиг. 1. Външна форма и вътрешен строеж на цирконови кристали от меланократни включения в метагранитоиди: а) Късопризматичен, почти изометричен кристал с разтворени ръбове и стени, следи от морфоложки тип S_{20} ; б) Идиоморфен късопризматичен кристал, морфоложки тип S_{20-25} ; в) кристал с морфология, подобна на циркон от метагранити. Развитие на остра бипирамида $\{211\}$; д) катодолуминесцентно изображение на заоблен кристал от меланократни включения, който съдържа ядро от идиоморфен кристал с морфология тип S_{20-25} . Маркер = 100 μm

може се предположи, че високотемпературните морфотипове възникват от по-базичен протолит, а нискотемпературните отразяват взаимодействието с “по-студената” гранитна топилка и хибридизация, при която кристали от гранитната топилка могат да бъдат включени в глобулите от базична магма.

Вътрешен строеж и химичен състав

В досегашни изследвания е установено, че почти всички циркони от анатектични гранити и мигматити съдържат ядра. В наситени на циркон топилки (Watson&Harrison, 1983), могат да бъдат различени следните три генетични типа наследен циркон: а) реликтова фаза, получена от частичното топене (коров анатексис); б) включване на кристали от вместващите скали при внедряване на магмата; в) наличие на наследена фаза в резултат на смесване на магми (миксинг-минглинг процеси) (Pupin, 1994; Watson, 1996). За да се изследва връзката и механизма на образуване и за да се прецени в каква степен растежът на кристалите и възникналите кристални форми са повлияни от присъствието на ядра, са наблюдавани прерези на кристали в електронно-микроскопски изображения. Цирконът от меланократните включения по-често е без ядра или съдържа голямо по размер ядро от почти идиоморфни кристали, върху което има нарастнала тънка обвивка (Фиг. 1d). Формирането на хомогенна обвивка върху идиоморфен кристал е най-логично да се интерпретира като резултат от взаимодействие на гранитната топилка с вече формираните цирконови кристали от по-базична топилка.

Морфологията и химизма на цирконовите кристали от метагранити са сравнени с тези от меланократните включения. Химичният състав на цирконовите кристали от меланократните включения се характеризира с по-ниски съдържания на U, Y, P и Hf от тези в метагранитите (за сравнение – Titorenkova&Macheva, 2002). Съдържанието на HfO₂ варира от 1100 до 15000 ppm, а това на Y₂O₃ от 0 до 2000 ppm. Съдържанията на хафний и итрий и отношението ZrO₂/HfO₂ биха могли да се използват като критерий за разграничаване на различни по произход нараствания. Съгласно Pupin (2000) за магматични циркони отношението Zr/Hf нараства ясно от орогенни скали (ZrO₂/HfO₂ =36-45) към анорогенните (алкални и толеитови) гранити, характеризиращи се със значително по-високо отношение Zr/Hf (~60-68). Присъствието на флуидна фаза води до намаляване на тези стойности. Изследваните от нас циркони от меланократните включения има отношение ZrO₂/HfO₂ в интервала 40-59, докато цирконовите кристали от метагранитите обикновено показват стойности в диапазона 30-45. Някои ядра на цирконови кристали от метагранитите имат високо ZrO₂/HfO₂-отношение (над 45) и това също насочва към идеята за общ източник на тези ядра и кристалите от меланократните включения. Като индикатор за източника на цирконовите кристалите тук е използвано и отношението HfO₂/Y₂O₃ (Фиг.2). Нанесени на класификационната диаграма на Pupin (2000) всички изследвани циркони от меланократни включения и от вместващите ги метагранити



Фиг. 2. HfO₂/Y₂O₃ отношение в циркони от меланократни включения и от метагранити, представено чрез класификационната диаграма на Pupin (2000), където полетата отразяват различните генетични групи: циркон от толеитови плагиогранити - 1a; хиперсолвусни алкални гранити - 1bcde; циркон от алкални базалти - 1c; субсолвусни алкални гранити - 1e, 2, 3abc, 4abc; базични до средни калциево-алкални скали (габро, диорити, тоналити, кварц-диорити)- 4abc, 5abc, 6ab; калциево-алкални гранити - 5abc; К-Са -алкални или Mg-K гранити – 4ab, 5abc; субалкални или Fe-K гранити – 4c, 5abc; пералуминиеви порфирни гранити – 3bc, 4bc, 5bc, 6ab; пералуминиеви левкогранити – 3c, 4c, 5c, 6a; автохтонни пералуминиеви гранити и мигматити – 3c, 4c, 5c, 6a.

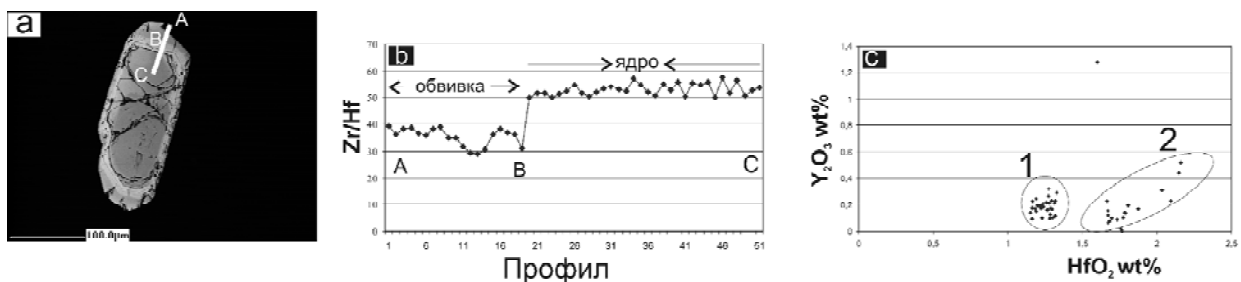
попадат в полето на орогенните калциево-алкални скали. При това цирконите от меланократните включения попадат в полетата на базичните до среднокисели калциево-алкални скали (Фиг. 2.-4b; 5b), докато цирконите от метагранитите попадат в полетата на пералуминиевите автохтонни гранити и мигматити (Фиг.2.-3c,4c, 5c;6a,b).

На Фиг. 3а е представен цирконов кристал от метагранити с крайна морфология (S_{25}), характерна за циркона от меланократните включения. Изображението на вътрешния строеж показва, че голямо ядро с $\{100\}$ -призма предопределя нарастването и образуването на кристали с развита призма $\{100\}$ в гранитната топилка. Подобна морфология на цирконови кристали от метагранитоидите е указание, че ядрото е от по-базичен източник, върху което нараства по-късна обвивка, която би могла да се интерпретира като образувана от гранитен източник. Това се потвърждава и от химичния състав на ядрото и обвивката, които коренно се различават и са представени на Фиг. 3 б, в.

Извършените изследвания на цирконовата популация от микрогрануларните включения

насочват към възможен механизъм на внедряване на протолитите на метагранитите при активното взаимодействие на магми с различен състав, т. е. към процеси на смесване на кисела и базична магма. Това предположение се подкрепя от: 1) морфоложките характеристики и химичен състав на циркона от меланократните включения, които насочват към базичен до среден по състав калциево-алкален източник на протолитите им; 2) наличие на характерните за меланократните включения идиоморфни късопризматични цирконови кристали като ядра в дългопризматичните цирконови кристали от метагранитоидите; 3) присъствие на цирконови кристали с морфология, характерна за метагранитите като ксенокристали в меланократните включения.

Работата е осъществена с частичната подкрепа на: European Community Access to Research Infrastructure action of the Improving Human Potential Programme, contract HPRI-CT-1999-00008 awarded to Prof. B. J. Wood (EU Geochemical Facility, University of Bristol) и финансовата подкрепа на Фонд Научни изследвания – договори НЗ-801 и F1212.



Фиг. 3. а) Изображение в обратно-отразени електрони на цирконов кристал от метагранити с морфология тип S_{20-25} , който съдържа ядро и зонална обвивка; в) Отношението ZrO_2/HfO_2 по профил А-В-С; с) Диаграма на разпределението Y_2O_3/HfO_2 за ядрото (1) и за зоналната обвивка (2).

Литература

- Pupin, J. P. 1980. Zircon and granite petrology. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 207-220.
- Pupin, J. P. 2000. Granite genesis related to geodynamics from Hf-Y in zircon. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*. – *Earth Sciences*, 91, 245-256.
- Pupin, J. P. 1994. Characterization des protholithes des migmatites et granites anatectiques crustaux d'apres l'etude des zircons. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 319, serie II, 1191-1197.
- Titorenkova, R., L. Macheva, N. Zidarov. 2002. Zircon typology of metagranites from Maleshevska and Ograzhden Mountains, SW Bulgaria. – *Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci.*, 55, 9, 61-66.
- Titorenkova, R., L. Macheva, N. Zidarov, A. von Quadt, I. Peytcheva. 2003. Metagranites from SW Bulgaria as a part of the Neoproterozoic to early Paleozoic system in Europe: new insight from zircon typology, U-Pb isotope data and Hf-tracing. – *Geophysical Research Abstracts*, 5, 08963.
- Watson, E. B. and Harrison, T. M. 1983. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in variety of crystal magma types. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, 64, 295-304.
- Watson, E. B. 1996. Dissolution, growth and survival of zircons during crustal fusion: kinetic principles, geologic models and implications for isotopic inheritance. In: Brown, M., Candela P. A., Peck, D. L., Stephens, W. E., Walker, R. J. & E. Zen (eds.) *The origin of granites and related rocks. Third Hutton Symposium. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*. 87, 43-56.