



Genetic classification of igneous rocks of Niyanj region (south-west of Razan) and Baghchehghaz (south-east of Razan), northeast of Hamedan, west of Iran, based on the morphology of zircons

Somaye Asadbeygi¹, Hossein Shahbazi^{2*}, Seyed Javad Mohammaditabar³ and Sedigheh Salami⁴

1, 3- Ph.D. student. Dept. of Geology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

2- Assoc. Prof., Dept. of Geology, Faculty of Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

4- Ph.D. (graduated), Dept. of Geology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

ARTICLE INFO

Article type:

Original Research

Article history:

Received: 2024 October 20

Accepted: 2024 December 23

Keywords:

Zircon morphology

Niyanj

Baghchehghaz

Razan

Hamedan

ABSTRACT

The igneous rocks of Niyanj region in this study include diorite, gabbrodiorite and monzonite, and Baghchehghaz region includes gabbro and gabbrodiorite. Morphological studies of zircons in the samples of the studied area were carried out on the images taken with an electron microscope and compared with Pupin's classification table. The zircons in the diorites of Niyanj region are mostly euhedral, the size of the grains varies between 100 and 200 micrometers. The zircons in the gabbros of Niyanj region are mostly euhedral, the size of the grains varies between 100 and 300 micrometers. The zircons in the gabbros of Baghchehghaz area are mostly euhedral to subhedral, these samples are often broken and the grain size varies between 100 and 400 micrometers. The zircons in the samples often have {101} pyramids and {100} prisms. The zircons in the diorites samples are S10, P2, P4, and D, which represent sub-alkaline series granites, that is, they have a hybrid origin (mantle and crust) and most of the zircons in the studied gabbro are P3, P4, P5, and D types, which indicate rocks originating from the mantle.

DOI: <https://doi.org/10.22084/NFAG.2024.30023.1643>

Corresponding author: Hossein Shahbazi, E-mail: Shahbazi@basu.ac.ir

Cite this article: Somaye Asadbeygi, Hossein Shahbazi, Seyed Javad Mohammaditabar and Sedigheh Salami (2026). Genetic classification of igneous rocks of Niyanj region (south-west of Razan) and Baghchehghaz (south-east of Razan), northeast of Hamedan, west of Iran, based on the morphology of zircons, New Findings of Applied Geology, Vol. 20, No. 39, pp: 45-56.



Journal of New Findings of Applied Geology by Bu-Ali Sina University Press is licensed under CC BY-NC 4.0

Web Site: <https://nfag.basu.ac.ir> E-mail: nfag@basu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Zircon is a common minor mineral in igneous rocks (Deer et al., 1991). Due to the high physical and chemical stability of zircon, this mineral is very useful for petrology and geochronology studies in igneous rocks (Corfu et al., 2003). Although the crystalline surface of zircons can be rounded, eroded and fractured in certain conditions (Sturm and Steyrer, 2003; Sturm, 2010), but basically the morphology of zircon crystals is maintained under high temperature and pressure conditions, therefore, they can be used as a good criterion in petrogenetic studies. The first morphology classification of zircons and its relationship with their petrogenesis was done by several geologists including Hoppe (1963), Poldervaart (1955, 1956), Frasl (1963). According to Pupin, 1980, the formation of different crystal faces in zircons is a function of chemistry, the amount of water available, the temperature and the cooling rate of the magma (Pupin, 1985). According to this plan, type I granites contain zircons with flat pyramids, i.e. {101}, while S-type granites contain pyramids with a high slope, namely {211} (Pupin, 1980, Finger et al., 1991-1992, Schermaier et al., 1992, Benisekand-Finger, 1993, Sturm, 1999, Belousova et al., 2006, Köksal et al., 2008). It was also found that the chemical composition of the magma, especially the ratio of aluminum to alkali (A), controls the formation of pyramid in zircon, while the formation of prism is controlled by the temperature of the magma (Pupin, 1980). Therefore, the shape of zircons crystallized from high temperature melts mostly include {100} prisms and the zircons crystallized from low temperature melts mostly contain {110} prisms, so studying the shape of prisms in Zircons can be used as geothermometers (Pupin and Turko, b1972). The composition of the melt can control the morphology of zircons, and in a zircon crystal, this morphology may change due to the change of magma composition (Griffin et al., 2002, Belousova et al., 2006, Seibel et al., 2006). Therefore, studying the morphology of zircons can show changes in the composition of the intrusive magma during cooling. Recognizing the two main pyramids in zircons including {211} and {101} and prisms including {110} and {100} helps to investigate the morphology of zircons Pupin, 1980. In this study, the zircons present in the intrusive rocks of Bagcheghaz and Niyanj area, located in the north-east of Hamedan, were investigated. To investigate the

relationship between the morphology of zircons and magma geochemistry, zircon crystals were studied using binocular microscope and electron microscope. The morphology of zircons was studied based on the three-dimensional shape of the grains.

Materials and methods

In order to identify and investigate the morphology of zircon, 3 samples from Baghchehghaz area and 3 samples from Niyanj area were selected and crushed by a jaw crusher. In the next step, put the samples in the shaker machine to separate the crystals based on the size of the crystal. Then the crystals between 63-250 μm were separated from the rest and washed completely. After drying the samples in the oven, iron minerals were separated by magnet. In the next step, heavy liquid bromoform (CHBr_3) with a specific gravity of 2.89 g/cm^3 was used to separate zircon from other minerals. Due to the high density of the zircon mineral, this mineral falls down and settles in the outlet of the decanter. The grains collected in the outlet duct were washed with acetone after being placed on a filter paper and dried in an oven. In the last step, the separation of zircons was done manually using a binocular microscope. For the detailed study of morphology, SEM images were prepared by electron microscope in the engineering faculty of Bu Ali Sina University.

Conclusions

Investigating the morphology of zircons can help to understand the origin of igneous rocks, their chemical composition (aluminum and alkali saturation degree) Pupin, 1980 and the temperature of the forming melt (Pupin and Turko, b1972).

In the diorite of the studied related to Niyanj logic; Zircons have prisms {100} and sometimes {110} and flat pyramids {101}. This group of studied samples are placed in the range of 5, i.e. granites with crust and mantle origin. However, in Niyanj and Baghchehghaz gabbroes, zircons have {100} prisms and {101} flat pyramids, and the trend of the T.E.T axis in them is vertical ($a=\infty$). The presence of zircons with similar morphology in the studied gabbroes probably indicates their common magmatic origin from the mantle. The studied gabbroes have a mantle origin and the studied diorites have a hybrid origin (mantle and crust).



تقسیم‌بندی سنگ‌های ماگمایی منطقه نینج (جنوب غرب رزن) و باغچه‌غاز (جنوب شرق رزن)، استان همدان، بر اساس ریخت‌شناسی زیرکن‌ها

سمیه اسدیگی^۱، حسین شهبازی^{۲*}، سیدجواد محمدی تبار^۳ و صدیقه سلامی^۴

۱ و ۳- دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

۴- دانش‌آموخته دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	سنگ‌های آذرین منطقه نینج در این مطالعه شامل دیوریت، گابرو دیوریت، مونزونیت و منطقه باغچه‌غاز شامل گابرو و گابرو دیوریت می‌باشد. مطالعات ریخت‌شناسی زیرکن‌ها در نمونه‌های منطقه مورد مطالعه، بر روی تصاویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی و مقایسه با جدول تقسیم‌بندی (پوپین، ۱۹۸۰) انجام شد. زیرکن‌های موجود در دیوریت‌های منطقه نینج اکثراً یوهدرال هستند، اندازه دانه‌ها بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرومتر متغیر است. زیرکن‌های موجود در گابروهای منطقه نینج نیز اکثراً یوهدرال هستند و اندازه دانه‌ها بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میکرومتر متغیر است. زیرکن‌های موجود در گابروهای منطقه باغچه‌غاز نیز اکثراً یوهدرال تا ساب‌هدرال هستند، این نمونه‌ها اغلب شکسته‌اند و اندازه دانه‌ها بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ میکرومتر متغیر است. زیرکن‌های موجود در نمونه‌ها اغلب دارای هرم {۱۰۱} و منشور {۱۰۰} می‌باشند. زیرکن‌های موجود در نمونه‌های دیوریتی نوع P2، S10، P4 و D می‌باشد که نشان‌دهنده گرانیتهای سری ساب‌آلکالین هستند؛ یعنی منشأ هیبریدی (گوشته‌ای و پوسته‌ای) دارند و اغلب زیرکن‌های موجود در گابروهای مورد مطالعه نوع P3، P4، P5 و D می‌باشد که نشان‌دهنده سنگ‌های منشأ یافته از گوشته هستند.
تاریخچه مقاله:	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۲۹	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۳	
کلیدواژه‌ها:	
ریخت‌شناسی زیرکن	
نینج	
باغچه‌غاز	
رزن	
همدان	

DOI: <https://doi.org/10.22084/NFAG.2024.30023.1643>

* نویسنده مسئول: حسین شهبازی، E-mail: Shahbazi@basu.ac.ir

استناد: سیمیه اسدیگی، حسین شهبازی، سیدجواد محمدی تبار و صدیقه سلامی (۱۴۰۵). تقسیم‌بندی سنگ‌های ماگمایی منطقه نینج (جنوب غرب رزن) و باغچه‌غاز (جنوب شرق رزن)، استان همدان، بر اساس ریخت‌شناسی زیرکن‌ها، یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره ۲۰، شماره ۳۹، صفحه ۴۵ تا ۵۶.

این نشریه علمی رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کرییتیو کامنز (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است.

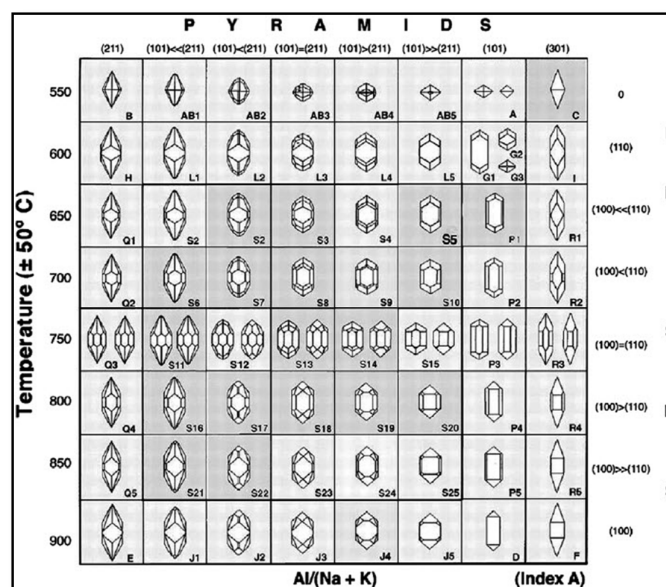


آدرس وبسایت نشریه: <https://nfag.basu.ac.ir> | ایمیل نشریه: nfag@basu.ac.ir

۱- پیشگفتار

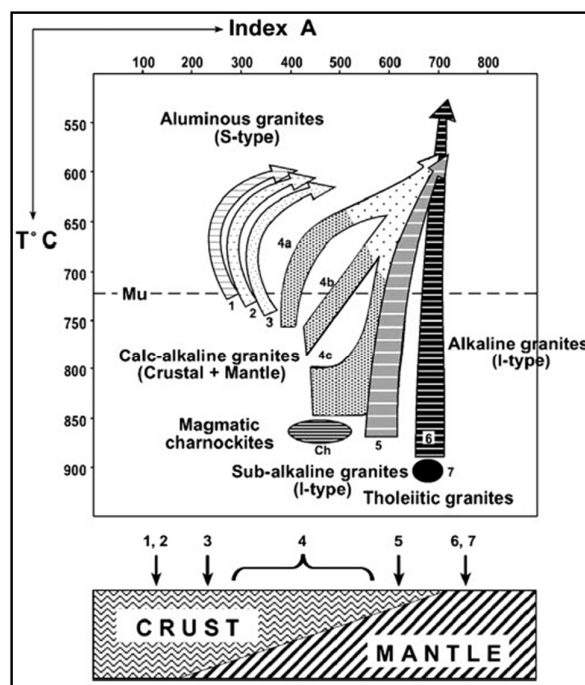
زیرکن یک کانی فرعی معمول در سنگ‌های آذرین است (دیر و همکاران، ۱۹۹۱). به دلیل پایداری فیزیکی و شیمیایی بالای زیرکن، این کانی برای مطالعات سنگ‌شناسی و ژئوکرونولوژی در سنگ‌های آذرین بسیار مفید می‌باشد (کورفو و همکاران، ۲۰۰۳). اگرچه سطح بلوری زیرکن‌ها می‌تواند در شرایط خاصی دچار گردشگی، فرسایش و شکستگی شود (استورم و استایرر، ۲۰۰۳؛ استورم، ۲۰۱۰) اما اساساً ریخت‌شناسی بلورهای زیرکن در شرایط دما و فشار بالا حفظ می‌شود، بنابراین می‌توان از آن‌ها به‌عنوان معیار مناسبی در مطالعات پتروژنتیکی استفاده نمود. نخستین دسته‌بندی ریخت‌شناسی زیرکن‌ها و ارتباط آن‌ها با پتروژنز توسط زمین‌شناسان متعددی شامل (هوپ، ۱۹۶۳)، (پولدروارت، ۱۹۵۵، ۱۹۵۶)، (فراسل، ۱۹۶۳) انجام شد. بر اساس نظر (پوپین، ۱۹۸۰) تشکیل وجه‌های مختلف بلوری در زیرکن‌ها تابع شیمی، مقدار آب موجود، دما و سرعت سرد شدن ماگما است (پوپین، ۱۹۸۰). بر اساس این طرح، گرانیتهای نوع I حاوی زیرکن‌های با هرم‌های تخت یعنی {۱۰۱} هستند. در حالی‌که گرانیتهای نوع S حاوی هرم‌های با شیب زیاد یعنی {۲۱۱} می‌باشند (پوپین، ۱۹۸۰؛ فینگر و همکاران، ۱۹۹۱-۱۹۹۲؛ شرمایر و همکاران، ۱۹۹۲؛ بنیسکاند فینگر،

۱۹۹۳؛ استورم، ۱۹۹۹؛ بلوسووا و همکاران، ۲۰۰۶؛ کوکسال و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین مشخص شد که ترکیب شیمیایی ماگما به‌ویژه نسبت آلومینیوم به آلکالی (A) تشکیل هرم را در زیرکن کنترل می‌کند، در حالی‌که تشکیل منشور به‌وسیله دمای ماگما کنترل می‌شود (پوپین، ۱۹۸۰). بنابراین، شکل زیرکن‌هایی که از مذاب‌های دما بالا متبلور می‌شوند بیشتر شامل منشورهای {۱۰۰} و زیرکن‌هایی که از مذاب‌های دما پایین متبلور می‌شوند بیشتر حاوی منشورهای {۱۱۰} می‌باشند. بنابراین، مطالعه شکل منشورها در زیرکن‌ها می‌تواند به‌عنوان زمین‌دماسنج استفاده شود (پوپین و تارکو، ۱۹۷۲b). ترکیب مذاب می‌تواند ریخت‌شناسی زیرکن‌ها را کنترل کند و در یک بلور زیرکن این ریخت‌شناسی در اثر تغییر ترکیب ماگما ممکن است تغییر کند (گریفین و همکاران، ۲۰۰۲؛ بلوسووا و همکاران، ۲۰۰۶؛ سیبل و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین، مطالعه ریخت‌شناسی زیرکن‌ها می‌تواند تغییرات ترکیب ماگمای نفوذی را در حین سرد شدن نشان دهد. شناخت دو هرم اصلی در زیرکن‌ها شامل {۲۱۱} و {۱۰۱} و منشورها شامل {۱۱۰} و {۱۰۰} به بررسی ریخت‌شناسی زیرکن‌ها (پوپین، ۱۹۸۰) کمک می‌کند (شکل‌های ۱ و ۲). در این پژوهش، زیرکن‌های موجود در سنگ‌های نفوذی منطقه‌ی باغچه‌غاز و نینج واقع در شمال شرق همدان مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱. دسته‌بندی زیرکن‌ها بر اساس ریخت‌شناسی و مقیاس دماسنجی (پوپین، ۱۹۸۰) در شکل‌گیری ریخت‌شناسی زیرکن‌ها، شاخص A تشکیل هرم و دما تشکیل منشور را کنترل می‌کند.

Fig. 1. Classification of zircons based on the morphology and thermometric scale of Pupin (1980), in the formation of morphology of zircons, index A controls pyramid formation and prism formation temperature



شکل ۲. محدوده زیرکن‌ها در دسته‌بندی پتروژنتیک که توسط پوپین (۱۹۸۰) ارائه شده است. محدوده ۱، ۲ و ۳ شامل گرانیتهای پوسته‌ای یا بیشتر با منشأ پوسته‌ای (گرانیتهای کوهزایی) هستند. محدوده ۴: لوکوگرانیتهای آلومینه، محدوده ۵: مونزوگرانیتهای و گرانودیوریت‌های درج‌ازا. محدوده ۶: مونزوگرانیتهای و گرانودیوریت‌های آلومینه. محدوده ۷: گرانیتهای با منشأ پوسته‌ای و گوشته‌ای (گرانیتهای هیبریدی یا گرانیتهای کوهزایی). محدوده ۴a-c (محدوده ۴a-c، تیره) گرانودیوریت و مونزوگرانیتهای (محدوده ۴a-c، محدوده نقطه‌چین روشن) مونزوگرانیتهای و آلکالی گرانیتهای. محدوده ۵: گرانیتهای سری ساب‌آلکالین. محدوده ۶ و ۷: گرانیتهای گوشته‌ای یا بیشتر با منشأ گوشته‌ای (گرانیتهای غیرکوهزایی). محدوده ۶: گرانیتهای سری آلکالین. محدوده ۷: گرانیتهای سری تولئیتی. Ch: ماگمای چارنوکیتهی، Mu: محدوده ماگمای مسکوویتی (دمای کمتر از ۷۲۵ درجه).

Fig. 2. The range of zircons in the petrogenetic classification presented by Pupin (1980). Ranges 1, 2 and 3 include crustal granites or more with crustal origin (orogenic granites). Range 1: alumina leucogranites, range 2: monzogranites and in situ granodiorites. Range 3: monzogranite and alumina granodiorites. Ranges 4 and 5: granites of crustal and mantle origin (hybrid granites or orogenic granites). Range 4a-c, (dotted range, dark) granodiorite and monzogranite. (Range 4a-c bright dotted range) monzogranite and alkali granite. Range 5: granites of the subalkaline series. Ranges 6 and 7: mantle granites or more with mantle origin (non-orogenic granites). Range 6: Alkaline series granites. Range 7: granites of the tholeiitic series. Ch: charnockite magma, Mu: muscovite magma range (temperature less than 725 degrees).

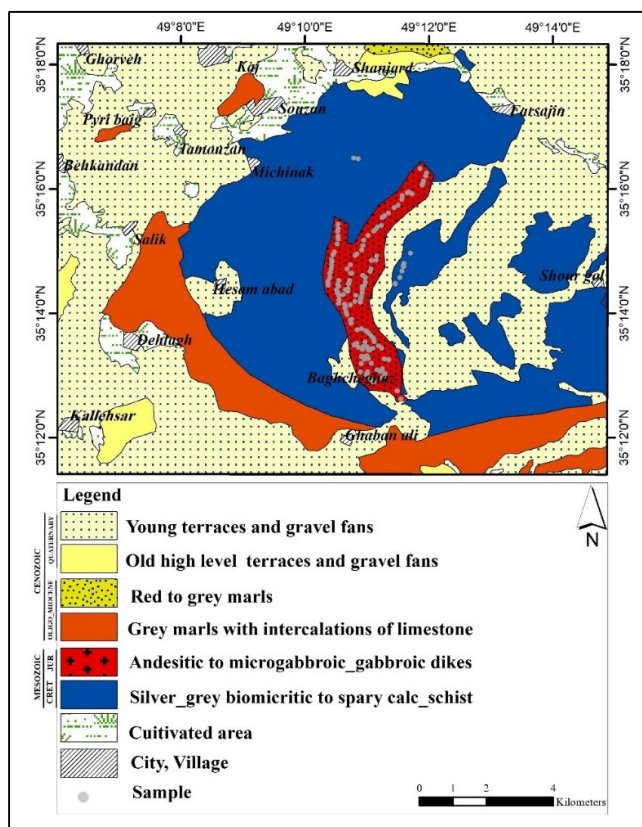
۲- زمین‌شناسی منطقه

گابروئیدی الوند به سن ژوراسیک میانی در نظر گرفت ولی

سن دقیق آن‌ها مشخص نیست.

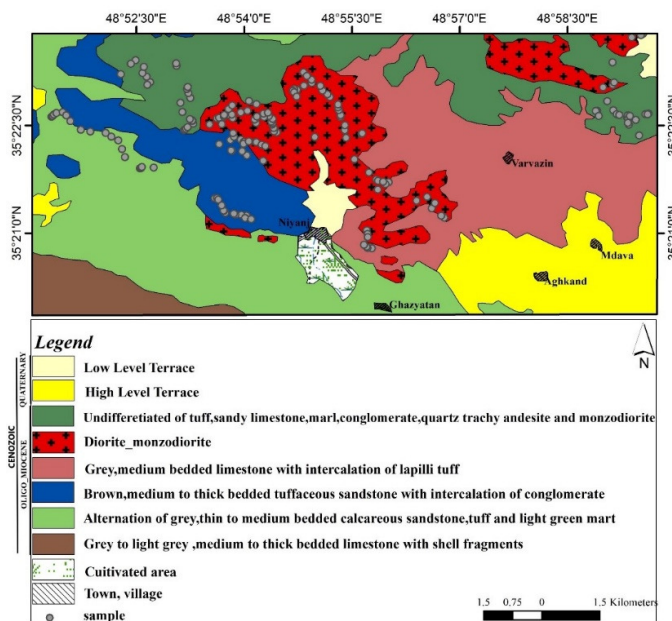
زمین‌شناسی منطقه نینج: منطقه نینج در ۳/۵ کیلومتری غرب و جنوب‌غرب شهرستان رزن در شمال‌شرق استان همدان واقع شده است. از نظر ساختاری در پهنه سندانج-سیرجان و در مرز آن با نوار ماگمایی ارومیه-دختر قرار دارد. بر اساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی کبودرآهنگ و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی رزن سنگ‌های دیوریت و مونزوادیوریت منطقه با واحد دیوریت (Di) معرفی شده‌اند. البته بر اساس بررسی‌های انجام شده، سنگ‌های آذرین منطقه بیشتر شامل دیوریت، گابروادیوریت، مونزونیت، آندزیت و آندزیت بازالتی هستند (شکل ۴).

زمین‌شناسی منطقه باغچه‌غاز: منطقه مورد بررسی در ۹۵ کیلومتری شمال‌شرق همدان واقع شده است. بر اساس مطالعات سنگ‌نگاری، این مجموعه شامل گابرو و گابرو دیوریت است (شکل ۳). توده نفوذی باغچه‌غاز در زون سندانج-سیرجان واقع شده که این توده به داخل سنگ‌های دگرگونی ژوراسیک منطقه نفوذ کرده است. با توجه به اینکه این سنگ‌ها به داخل سنگ‌های دگرگونی ژوراسیک نفوذ کرده‌اند و همچنین با توجه به نقشه زمین‌شناسی که در منطقه مورد مطالعه سنگ‌های قدیمی‌تر از تریاس وجود ندارد. بنابراین سن این سنگ‌ها را می‌توان معادل سنگ‌های



شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه بر اساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی رزن، (علائی-مهبادی و فودازی (۱۳۸۲))

Fig. 3. Geological map of the studied area based on the 1:100000 geological map of Razan (Alaei-Mahabadi, and Fodazi (2003))



شکل ۴. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه بر اساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی کبودرآهنگ (شافی، حاج‌حسینی، قاسمی، و مجیدی‌فرد، (۱۳۸۳))

Fig. 4. Geological map of the studied area based on the 1:100000 Geological Map of Kabodarahang (Shafii, Haj Hosseini, Ghasemi, and Majidi Fard (2004))

۳- روش تحقیق

به‌منظور شناسایی و بررسی ریخت‌شناسی زیرکن، از منطقه باغچه‌غاز ۳ نمونه و از منطقه نینج نیز ۳ نمونه با وزن حدود یک کیلوگرم انتخاب و به‌وسیله دستگاه سنگ‌شکن فکی خرد شدند. در مرحله بعد، نمونه‌ها را درون دستگاه شیکر قرار داده تا عمل جدایش بلورها بر اساس اندازه بلور انجام شود. سپس بلورهای بین ۲۵۰-۶۳ میکرون از بقیه جدا و کاملاً شستشو داده شدند. بعد از خشک کردن نمونه‌ها در آون، کانی‌های آهن‌دار به‌وسیله آهن‌ربا جدا شدند. در مرحله بعد، برای جدایش کانی زیرکن از دیگر کانی‌ها، مایع سنگین برموفرم (CHBr_3) با وزن مخصوص ۲/۸۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب، مورد استفاده قرار گرفت. به دلیل چگالی بالای کانی زیرکن، این کانی به سمت پائین سقوط کرده و در مجرای خروجی دکانتور ته‌نشین می‌شود. دانه‌های جمع شده در مجرای خروجی پس از قرار گرفتن بر روی کاغذ صافی با استون شسته و در آون خشک شدند. در مرحله آخر با استفاده از میکروسکوپ بیناکولار جدایش زیرکن‌ها به‌صورت دستی انجام گرفت. به‌منظور مطالعه دقیق ریخت‌شناسی، نمونه‌ها به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی^۱ در دانشکده مهندسی دانشگاه بوعلی‌سینا مورد بررسی قرار گرفتند.

۴- سنگ‌نگاری

الف) منطقه باغچه‌غاز

گابرو: گابروها دارای ساخت توده‌ای و از نظر ضریب رنگینی ملانوکرات تا مزوکرات و ندرتا به‌صورت لوکوکرات هستند و در نمونه دستی رنگ خاکستری تیره دارند و دارای دانه‌بندی ریز تا متوسط دانه و در برخی نمونه‌ها درشت دانه هستند. بافت غالب در نمونه‌های مورد مطالعه گرانولار، اینترگرانولار، اینترسترال، افیتیک، ساب افیتیک است (شکل ۵). کانی‌های اصلی و روشن عبارتند از: پلاژیوکلاز ۵۰-۷۰ درصد حجمی، پلاژیوکلازها نیمه‌شکل‌دار بوده و تکتونیزه شده‌اند، دارای ماکل پلی‌سنتتیک بوده و در برخی موارد اپیدوتی، کلریتی و سرسیتی شده‌اند که بیانگر حضور سیال می‌باشد. از کانی‌های روشن دیگر می‌توان به کوارتز اشاره کرد که به میزان کم وجود دارد. از کانی‌های فرومنیزین کلاینوپیروکسن ۲۵ - ۵ درصد حجمی، اورتوپیروکسن ۵-۰ درصد حجمی می‌باشند،

کلینوپیروکسن با توجه به مشخصات نوری آن شامل خاموشی مایل (با زاویه خاموشی حدود ۴۰ درجه)، رنگ تداخلی آن (سبزکمرنگ، چندرنگی سبز تا زرد و صورتی کمرنگ) از نوع اوژیت می‌باشد. کانی‌های پیروکسن به‌صورت نیمه‌شکل‌دار دیده می‌شوند. از کانی‌های فرعی کانی‌های فلزی را می‌توان نام برد. کانی‌های ثانویه شامل اپیدوت و کلریت می‌باشند که اپیدوت‌ها و کلریت‌ها از دگرسانی پلاژیوکلازها ایجاد شده‌اند که در اثر عملکرد سیالات گرمابی می‌باشد. سنگ‌های دربرگیرنده گابرو کالک‌شیست‌های مربوط به دوره ژوراسیک می‌باشد.

ب) منطقه نینج

گابرو دیوریت: این سنگ‌ها نیمه‌روشن، دانه‌درشت تا دانه‌متوسط هستند. کانی‌های اصلی آن‌ها عبارتند از: پلاژیوکلازها (۷۰-۵۰ درصد حجمی) که در برخی موارد به اپیدوت و سرسیت تبدیل شده‌اند، آمفیبول‌ها (۲۵-۱۵ درصد حجمی) که احتمالاً از نوع هورنبلند و انواع ثانویه از نوع ترمولیت-اکتینولیت هستند. کلینوپیروکسن‌ها (۲۵-۱۵ درصد حجمی) از دیگر کانی‌های اصلی این سنگ‌ها هستند که هم به‌صورت درشت‌دانه با ماکل کارلسباد و هم به اندازه کوچک دیده می‌شوند. بافت اصلی این سنگ‌ها از نوع نیمه‌شکل‌دار دانه‌ای است. بافت میان‌دانه‌ای ناشی از قرارگیری پلاژیوکلاز به‌صورت زاویه‌دار و پرشدن فواصل بین آن‌ها با کانی‌های تیره مثل هورنبلند و پیروکسن در آن‌ها دیده می‌شوند. همچنین منطقه‌بندی شیمیایی در پلاژیوکلاز، بافت پورفیری به دلیل حضور درشت بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن در زمینه‌ای از بلورهای دانه‌ریز دیگر در آن‌ها دیده می‌شود.

دیوریت: این سنگ‌ها بیشترین فراوانی را در منطقه دارند، ساخت توده‌ای دارند و از نظر شاخص رنگی نیمه‌روشن بوده و در نمونه دستی خاکستری و کمی مایل به سبز هستند. آن‌ها از نظر اندازه دانه درشت تا دانه متوسط هستند.

بافت اصلی در این سنگ‌ها نیمه‌شکل‌دار دانه‌ای بوده و بافت متداول دیگر میان‌دانه‌ای است. بافت‌های فرعی از جمله منطقه‌بندی شیمیایی و پورفیری در این سنگ‌ها دیده می‌شود. کانی‌های اصلی پلاژیوکلاز (۷۰-۶۰ درصد حجمی)، آمفیبول (۲۰-۱۰ درصد حجمی)، کلینوپیروکسن (۲۰-۱۰ درصد حجمی)، کانی‌های فرعی فلدسپار پتاسیم‌دار، کوارتز،

^۱ Scanning electron microscope

اگر درصد کوارتز در این سنگ‌ها زیاد باشد به آن‌ها کوارتز مونزونیت یا آداملیت گفته می‌شود. بافت این سنگ‌ها از نوع نیمه‌شکل‌دار است (شکل ۶).

۵- زمین‌شیمی

الف) منطقه باغچه‌غاز

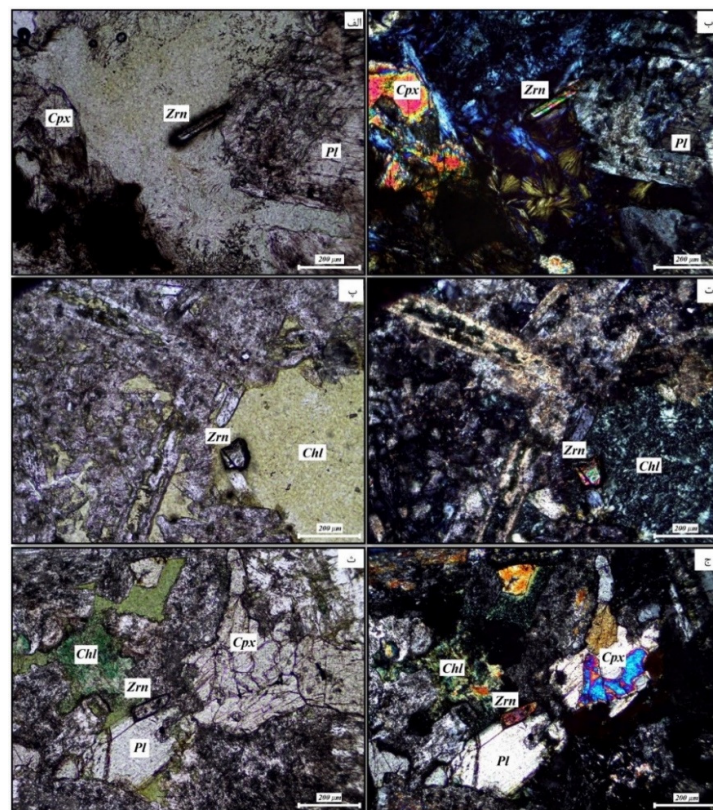
بر اساس نمودار رده‌بندی شیمیایی سنگ‌های آذرین بر اساس تغییرات SiO_2 در برابر $\text{NaO}_2 + \text{K}_2\text{O}$ ارائه شده توسط میدلموست (۱۹۹۴) سنگ‌های منطقه مورد مطالعه در گستره گابرو و گابردیوریت جای می‌گیرند (شکل ۷).

ب) منطقه نینج

بر اساس نمودار رده‌بندی شیمیایی سنگ‌های آذرین بر اساس تغییرات SiO_2 در برابر $\text{NaO}_2 + \text{K}_2\text{O}$ ارائه شده توسط میدلموست (۱۹۹۴) سنگ‌های منطقه مورد مطالعه در گستره گابردیوریت، دیوریت و مونزونیت و گرانودیوریت جای می‌گیرند (شکل ۸).

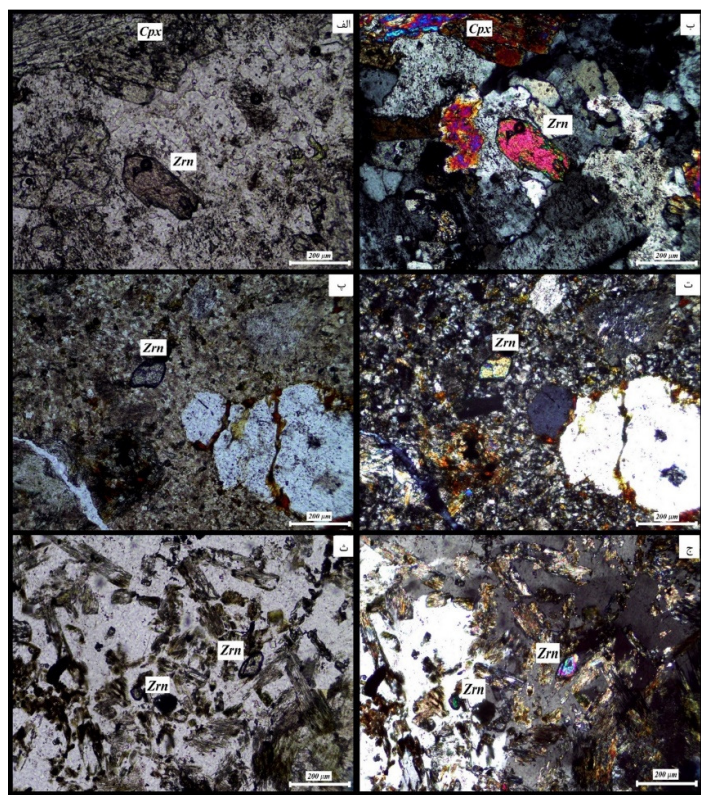
اسفن و آپاتیت هستند. پلاژیوکلازها شکل‌دار و نیمه‌شکل‌دار با ماکل چندریخت و منطقه‌بندی دیده می‌شوند. پلاژیوکلازها به سرسیت، کلسیت و اپیدوت دگرسان شده‌اند. آمفیبول‌های موجود در این سنگ‌ها اولیه و از نوع هورنبلند و نیز ثانویه از نوع ترمولیت-اکتینولیت هستند که در اثر اورالیتی شدن پیروکسن‌ها به وجود آمده‌اند. پیروکسن‌ها از نوع اوژیت بوده و دارای ماکل کارلسباد هستند. برخی از آمفیبول‌ها به کلریت تبدیل شده‌اند و در کلینوپیروکسن‌ها تبدیل‌شدگی آن‌ها به آمفیبول قابل مشاهده است.

مونزونیت: شاخص رنگی این سنگ‌ها نیمه‌روشن تا روشن است و کانی‌های آن‌ها عبارتند از: پلاژیوکلاز (۶۰-۵۰ درصد حجمی) با ماکل چندریخت که سرسیتی، کلسیتی و اپیدوتی شده‌اند، ارتوکلاز (۳۰-۲۵ درصد حجمی) که اغلب نیمه‌شکل‌دار هستند و ماکل کارلسباد دارند و آمفیبول‌ها (۲۰-۱۰ درصد حجمی).



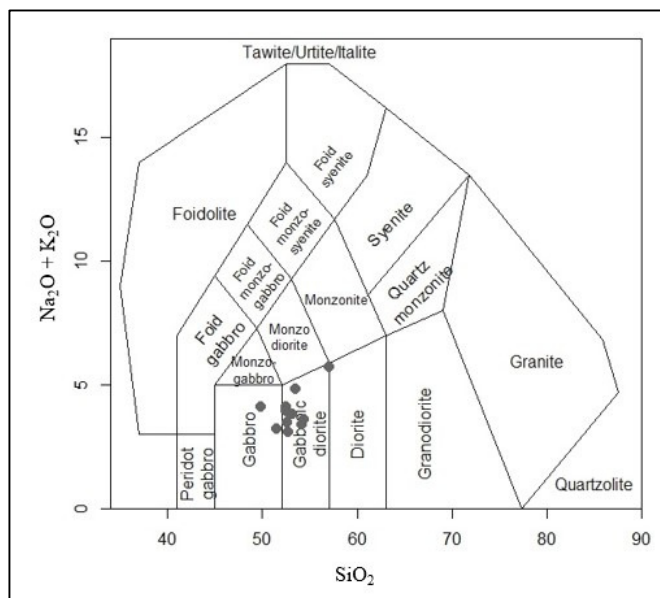
شکل ۵. الف، ب، ث) تصاویر میکروسکوپی از زیرکن درون گابردیوریت‌های منطقه باغچه‌غاز (در نور PPL)، ب، ت، ج) تصاویر میکروسکوپی از زیرکن درون گابردیوریت‌های منطقه باغچه‌غاز (در نور XPL)، نام اختصاری کانی‌ها از Whitney و Evans (۲۰۱۰) برگرفته شده است.

Figure 5: a, c, e) Microscopic images of zircon in gabbrodiorites of Baghchehaz region (in PPL), b, d, f) Microscopic images of zircon in gabbrodiorites in Baghchehaz region (in XPL), Mineral names are abbreviated cf. Whitney and Evans (2010).



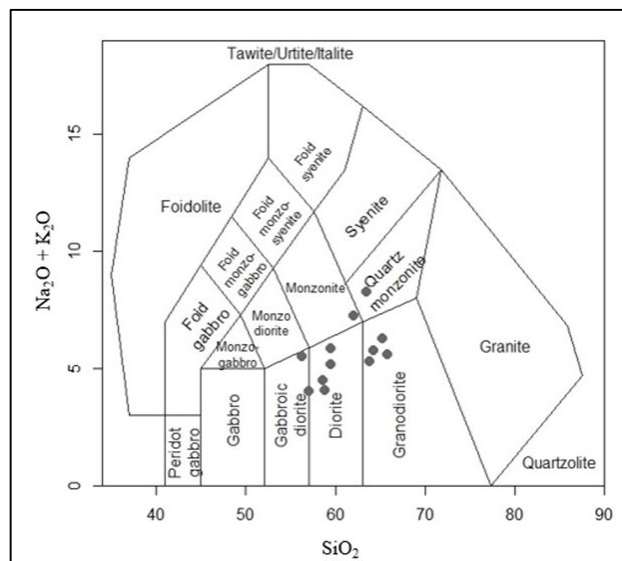
شکل ۶. الف) تصویر میکروسکوپی از زیرکن درون مونزونیت‌های منطقه نینج (در نور PPL)، ب) تصویر میکروسکوپی از زیرکن درون مونزونیت‌های منطقه نینج (در نور XPL)، پ) تصویر میکروسکوپی از زیرکن درون کوارتز مونزونیت‌های منطقه نینج (در نور PPL)، ت) تصویر میکروسکوپی از زیرکن درون کوارتز مونزونیت‌های منطقه نینج (در نور XPL)، ث) تصویر میکروسکوپی از زیرکن درون دیوریت‌های منطقه نینج (در نور PPL)، ج) تصویر میکروسکوپی از زیرکن درون دیوریت‌های منطقه نینج (در نور XPL). نام اختصاری کانی‌ها از Whitney و Evans (۲۰۱۰) برگرفته شده است.

Fig. 6. a) Microscopic image of zircon inside monzonites of Niyanj region (in PPL), b) Microscopic image of zircon in monzonites of Niyanj region (in XPL), c) Microscopic image of zircon in quartz monzonite of Niyanj region (in PPL), d) Microscopic image of zircon in quartz monzonites of Niyanj region (in XPL), e) Microscopic image of zircon in diorites of Niyanj region (in PPL), f) Microscopic image of zircon Inside the diorite of Niyanj region (in XPL). Abbreviated names of minerals are taken from Whitney and Evans (2010).



شکل ۷. نمودار رده‌بندی SiO_2 در مقابل $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ منطقه باغچه‌غاز (میدلموست، ۱۹۹۴)

Fig. 7. Classification diagram of SiO_2 versus $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ of Baghche Ghaz region (Middlemost, 1994)



شکل ۸. نمودار رده‌بندی SiO_2 در مقابل $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ منطقه نینج (میدلموست، ۱۹۹۴)

Fig. 8. Classification diagram of SiO_2 versus $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ of Niyanj region (Middlemost, 1994)

می‌باشند (اشکال ۹ پ و ۱۰ ج). تیپ زیرکن‌های این دسته P_2 , P_3 , P_4 و P_5 می‌باشد. مقدار $\text{I.A.} = 700$ ، $\text{I.T.} = 862$ و $\text{ST/SA} = \infty$ می‌باشد (شکل ۱۰، ز). بر اساس رده‌بندی (پوپین، ۱۹۸۰)، زیرکن‌های موجود در هر دو دسته گابروهای مورد مطالعه شاخص سنگ‌هایی است که از مذاب‌های گوشته‌ای منشأ گرفته‌اند.

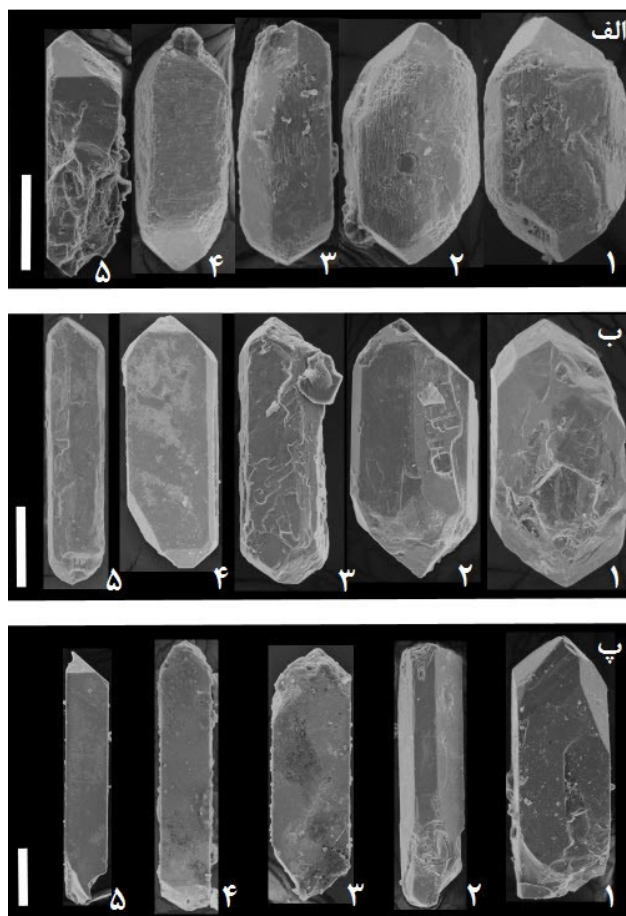
۷- نتیجه‌گیری

بررسی ریخت‌شناسی زیرکن‌ها می‌تواند به شناخت منشأ سنگ‌های ماگمایی، ترکیب شیمیایی آن‌ها (درجه اشباع آلومنیوم و آلکالی) (پوپین، ۱۹۸۰) و دمای مذاب تشکیل دهنده (پوپین و تارکو، ۱۹۷۲b) کمک کند. در دیوریت‌های مورد مطالعه مربوط به منطقه نینج؛ زیرکن‌ها دارای منشورهای $\{100\}$ و گاهی $\{110\}$ و هرم‌های تخت $\{101\}$ می‌باشند. این دسته از نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده ۵، یعنی ماگمایی با منشأ پوسته‌ای و گوشته‌ای قرار می‌گیرند. اما در گابروهای منطقه نینج و گابروهای منطقه باغچه‌غاز، زیرکن‌ها دارای منشورهای $\{100\}$ و هرم‌های تخت $\{101\}$ هستند و روند محور T.E.T در آن‌ها به‌صورت قائم است ($a=\infty$). حضور زیرکن‌ها با ریخت‌شناسی مشابه در گابروهای مورد مطالعه احتمالاً نشان‌دهنده منشأ ماگمایی آن‌ها از گوشته می‌باشد. گابروهای مورد مطالعه دارای منشأ گوشته‌ای و دیوریت‌های مورد مطالعه دارای منشأ هیبریدی (گوشته‌ای و پوسته‌ای) می‌باشند.

۶- ریخت‌شناسی بلورهای زیرکن مورد مطالعه

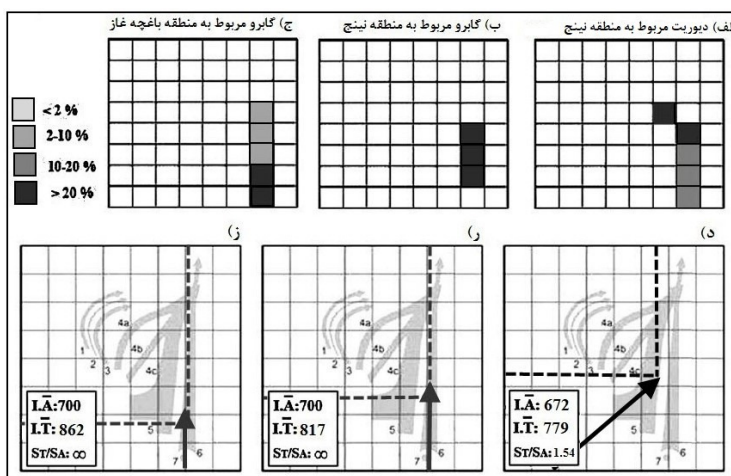
تصاویر بیناکولار و SEM زیرکن‌های مورد مطالعه در شکل‌های ۹ و ۱۰ خلاصه شده است. زیرکن‌های موجود در دیوریت‌های منطقه نینج اکثراً یوهدرال هستند، اندازه دانه‌ها بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرومتر متغیر است. بلورهای زیرکن موجود در این دسته سنگ‌ها اغلب دارای هرم $\{101\}$ و منشور $\{100\}$ و گاهی $\{110\}$ هستند (اشکال ۹ الف و ۱۰ الف). تیپ زیرکن‌های این دسته P_4 , P_3 , S_{10} ، P_5 و D می‌باشد. مقدار $\text{I.A.} = 672$ ، $\text{I.T.} = 779$ و $\text{ST/SA} = 1/54$ می‌باشد. که در دسته‌بندی (پوپین، ۱۹۸۰) در محدوده ۵ قرار می‌گیرند، که نشان دهنده گرانیتهای کوهزایی با منشأ هیبریدی (گوشته‌ای و پوسته‌ای) می‌باشند (شکل ۱۰، د).

زیرکن‌های موجود در گابروهای منطقه نینج نیز اکثراً یوهدرال هستند، اندازه دانه‌ها بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میکرومتر متغیر است. بلورهای زیرکن موجود در این دسته سنگ‌ها اغلب دارای هرم $\{101\}$ و منشور $\{100\}$ می‌باشند (اشکال ۹ ب و ۱۰ ب). تیپ زیرکن‌های این دسته P_5 و P_4 می‌باشد. مقدار $\text{I.A.} = 700$ ، $\text{I.T.} = 817$ و $\text{ST/SA} = \infty$ می‌باشد (شکل ۱۰، ر). زیرکن‌های موجود در گابروهای منطقه باغچه‌غاز نیز اکثراً یوهدرال تا ساب‌هدرال هستند، این نمونه‌ها اغلب شکسته‌اند و اندازه دانه‌ها بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ میکرومتر متغیر است. بلورهای زیرکن موجود در این دسته سنگ‌ها اغلب دارای هرم $\{101\}$ و منشور $\{100\}$



شکل ۹. تصاویر SEM بلورهای زیرکن جدا شده از سنگ‌های مختلف مورد مطالعه: الف) نمونه‌های زیرکن موجود در دیوریت‌های منطقه نینج؛ (ب و ۲: S10، ۳: P3، ۴: P5 و ۵: D) نمونه‌های زیرکن موجود در گابروهای منطقه نینج؛ ۱: P3، ۲: P4، ۳: P3، ۴: P4، ۵: P5 (پ) نمونه‌های زیرکن موجود در گابروهای منطقه باغچه‌غاز؛ ۱: P2، ۲: P3، ۳: P5، ۴ و ۵: D.

Fig. 9. SEM images of zircon crystals isolated from different studied rocks: a) zircon samples found in Diorite of Niyanj region; 1 and 2: S10, 3: P3, 4: P5 and 5: D b) Zircon samples found in Gabbros of Niyanj region; 1: P3, 2: P4, 3: P3, 4: P4, 5: P5 c) Zircon samples found in the Gabbros of Baghche Ghaz region; 1: P2, 2: P3, 3: P5, 4 and 5: D



شکل ۱۰. مطالعه آماری زیرکن‌های موجود در سنگ‌های مورد مطالعه بر روی نمودار ریخت‌شناسی مرجع (پوپین، ۱۹۸۰) و تعیین T.E.T، I.A و I.T.

Fig. 10. Statistical study of zircons in the studied rocks on the reference morphological chart (Pupin, 1980) and determination of T.E.T, LA and I.T.

References

- Alaei-Mahabadi, S. and Fodazi, M. (2003) Geological map of Razan, scale 1:100000, Organization of Geology and Mineral Exploration of the country.
- Bolurchi, M. H. and Hajian, J. (1997) Geological map of Kabudarahang and related report, scale 1:250000, Organization of Geology and Mineral Exploration of the country.
- Deer, W. A. Howie, A. Zussman, J. (1991) An Introduction to the Rock-forming Minerals. Longman, London, 528 pp.
- Corfu, F. Hanchar, J. M. Hoskin, P. W. O. Kinny, P. (2003) Atlas of zircon textures. In: Hanchar, J. M., Hoskin, P. W. O. (Eds.), Zircon. Reviews in Mineralogy and Geo-chemistry, 53: 469–500.
- Shafii, A. Haj Hosseini, A. Ghasemi, A. and Majidi Fard, M. (2004) geological map Kabudarahang, scale 1:100000, Organization of Geology and Mineral Exploration of the country.
- Sturm, R. Steyrer, H. P. (2003) Use of accessory zircon for the quantification of volume changes in ductile shear zones cutting plutonic rocks. *Chemie Erde*, 63: 31–54.
- Sturm, R. (2010) Morphology and growth trends of accessory zircons from various granitoids of the south-western Bohemian Massif (Moldanubicum, Austria). *Chemie Erde*, 70: 185–196.
- Poldervaart, A. (1955) Zircons in rocks. 1: Sedimentary rocks. *Am. J. Sci.*, 253: 433–461.
- Poldervaart, A. (1956) Zircons in rocks. 2: Igneous rocks. *Am. J. Sci.*, 254: 521–554.
- Frasl, G. (1963) Die mikroskopische Untersuchung der akzessorischen Zirkone als Routinearbeit des Kristallingeologen. *Jb. Geol. B.-A. (Wien)*, 106: 405–428.
- Hoppe, G. (1963) Die Verwendbarkeit morphologischer Erscheinungen an akzessorischen Zirkone für petrogenetische Auswertungen. *Abh. Dt. Akad. Wiss. Berlin*, 1: 1–131.
- Pupin, J. P. (1980) Zircon and granite petrology. *Contrib. Mineral. Petrol*, 73: 207–220.
- Pupin, J. P. (1985) Magmatic zoning of Hercynian granitoids in France based on zircon typology. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt*, 65: 29–56.
- Finger, F. Friedl, G. Haunschmid, B. (1991) Wall-rock derived zircon xenocrysts as important indicator minerals of magma contamination in the Freistadt granodiorite pluton, northern Austria. *Geol. Carpath*, 42 (2): 67–75.
- Finger, F. Haunschmid, B. Schermaier, A. Von Quadt, A. (1992) Is zircon morphology indicative of a mantle or crustal origin of a granite? Comparison of Pupin indices with Sr and Nd isotope data of 26 Austrian granites. *Mitt. Österr. Mineral. Ges*, 137: 135–137.
- Schermaier, A. Haunschmid, B. Schubert, G. Frasl, G. Finger, F. (1992) Diskriminierung von S-Typ und I-Typ Graniten auf der Basis zirkontypologischer Untersuchungen. *Frankfurter Geowiss. Arb., Serie A Geologie-Paläontologie*, 11: 149–153.
- Benisek, A. Finger, F. (1993) Factors controlling the development of prism faces in granite zircons: a microprobe study. *Contrib. Mineral. Petrol*, 114: 441–451.
- Sturm, R. (1999) Longitudinal and cross section of zircon: a new method for the investigation of morphological evolutionary trends. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt*, 79: 309–316.
- References Belousova, E. A., Griffin, W. L., O'Reilly, S. Y. (2006) Zircon crystal morphology, trace element signatures and Hf isotope composition as a tool for petrogenetic modeling: examples from eastern Australian granitoids. *J. Petrol*, 47: 329–353.
- Köksal, S. Göncüoğlu, M. Toksoy-Köksal, F. Möller, A. Kemnitz, H. (2008) Zircon typologies and internal structures as petrogenetic indicators in contrasting granitoid types from central Anatolia, Turkey. *Mineral. Petrol*, 93: 185–211.
- Middlemost, E. A. K. (1994) Naming materials in the magma igneous rock system. *Earth-Science Reviews*, 37: 215–224.
- Mohammadi Tabar, J. (2017) Petrology of leucocratic intrusive igneous rocks of Baghchehaz region.
- Pupin, J. P. Turco, G. (1972b) Application des données morphologiques du zircon accessoire en pétrologie endogène. *CR Acad. Sci. Paris*, 275: 799–802.
- Ghobadnam, M. (2018) Petrology of igneous rocks and Aghdagh feldspar deposit and genetic relationship between them in the west and southwest of Razan (Hamedan province).
- Griffin, W. L. Wang, X. Jackson, S. E. Pearson, N. J. O'Reilly, S. Y. Xu, X. Zhou, X. (2002) Zircon chemistry and magma genesis, SE China: in situ analysis of Hf isotopes, Pingtan and Tonglu igneous complexes. *Lithos*, 61: 237–282.
- Whitney, D. and Evans, B. (2010) Abbreviations for names of rock-forming minerals: *American Mineralogist*, 95: 185–187.