پتـــرولوژی، سال دوم، شماره هفتم، پاییز ۱۳۹۰، صفحه ۱– ۲۰ تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۲۳

دلایل اختلاف ترکیب کرومیتیت در افیولیتهای نایین و عشین و نبود آن در افیولیتهای انارک و جندق (استان اصفهان)

قدرت ترابی *

گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

چکیدہ

افیولیتهای غرب ایران مرکزی بر دو گونه هستند: افیولیتهای مزوزوییک (نایین و عشین)، و افیولیتهای پالئوزوییک یا پرکامبرین (انارک و جندق). بررسیهای صحرایی افیولیتهای مزوزوییک نشان میدهد که این مجموعههای سنگی دارای کانسارهای کرومیت درخور توجهی بوده، در صورتی که کرومیتیت در افیولیتهای انارک و جندق دیده نشده است. مطالعه کرومیتیتهای موجود در افیولیتهای مزوزوییک نیز نشان داده است که از دو نوع متفاوت هستند، بدین صورت که کرومیتیتهای افیولیت نایین از نوع کرومیتیتهای با Cr بالا بوده، در صورتی که کرومیتیتهای افیولیت عای افیولیت عشین از نوع کرومیتیتهای با AI بالا هستند. دلایل فقدان کرومیتیت در افیولیتهای انارک و جندق به لرزولیتی بودن سیستم گوشته، نبود گسترش ذوببخشی در سنگهای گوشته و پویا نبودن گوشته در تولید مذابهای جدید بر می گردد. دلیل تشکیل نووببخشی و اختلاف در ترکیب متفاوت در افیولیتهای مزوزوییک نیز به اختلاف ترکیب ارتوپیروکسنها، مقادیر متفاوت درجات ذوببخشی و اختلاف در ترکیب شیمیایی ماگمای در حال صعود مربوط میشود.

مقدمه

مطالعات برخی پژوهشگران مانند Kuo و همکاران (۱۹۸۵)، Arai (۱۹۹۷) و Kelemen و همک (۱۹۹۲) نشان داده است که ماگمای بازالتی اولیه که حاصل ذوببخشی پریدوتیتهای گوشته است در هنگام صعود با سنگ دیواره خود که همان پریدوتیتهای گوشیته هسیتند وارد واکینش شیده و ابتیدا

کلینوپیروکسنها و سپس ارتوپیروکسنها را ذوب میکند. ذوب کلینوپیروکسنها باعث افزوده شدن بازالت به ماگمای در حال صعود، و ذوب نامتجانس ارتوپیروکسنها باعث افزوده شدن SiO₂ به ماگمای در حال صعود، و افزوده شدن الیوین به سنگ دیواره می شود. بنابراین، رخداد واکنشهای سنگ دیواره با مذاب در حال صعود، باعث ذوب پیروکسنها و تغییر

ماهیت سنگ دیـواره پریـدوتیتی و ترکیـب شـیمیایی مذاب صعود کننده می شود. حاصل انجام این واکنشهـا تشـکیل هارزبورگیـتهـا و دونیـتهـای واکنشـی، و در برخی موارد کرومیتیتهای انبانی است.

در سیستم سه تایی الیوین – اسپینل – کوارتز، دلیل تشکیل کرومیتیتهای انبانی، افزوده شدن سیلیس حاصل از ذوب نامتجانس ارتوپیروکسنها به ماگمای در حال حرکت برروی منحنی کوتکتیک است چرا که افزایش مقدار سیلیس ماگما باعث تغییر موقعیت ترکیبی آن به درون محدوده پایداری کانی موقعیت ترکیبی آن به درون محدوده پایداری کانی کرومیت شده و موجب تبلور کرومیت میشود Zhou et) کرومیت شده و موجب تبلور کرومیت میشود Zhou et) این سئوال که چرا بعضی از مجموعهای افیولیتی حاوی کانسارسازی کرومیت، و برخی دیگر فاقد کانسارسازی هستند، هنوز جوابی قانع کننده داده نشده است.

از آنجایی که تشکیل کرومیتیت در ارتباط با واکنشهای سنگ دیواره پریدوتیتی با مذاب صعود کننده بوده، منشأ عنصر Cr موجود در کرومیتیتها به Cr موجود در ساختار پیروکستهای ذوب شده بر (Nicolas, 1989; Nicolas and Al-Azri, عیر در محصور کانسارهای می گردد بنابراین، حضور یا عدم حضور کانسارهای کرومیت در مجموعههای افیولیتی برگرفته از وسعت و مقدار گسترش واکنشهای سنگ – مذاب، و ترکیب پیروکسنهای ذوب شده خواهد بود. بههمین دلیل، در این نوشتار چهار افیولیت از سرزمین ایران مرکزی که در نزدیکی یکدیگر واقع شده و کرومیتیتها در دو افیولیت حضور داشته و در دوتای دیگر حضور ندارند،

در این مقاله به بررسی دلایل تشکیل یا عدم تشکیل کرومیتیت در درون پریدوتیتهای گوشته افیولیتهای جندق، انارک، عشین و نایین، و همچنین، علت اختلاف ترکیب شیمیایی کرومیتیتهای عشین و نایین پرداخته خواهد شد.

زمینشناسی عمومی

افیولیتهای مورد مطالعه در بخش غربی ایران مرکزی و حاشیه جنوبی کویر بزرگ با شرایط آب و هوایی کاملا بیابانی واقع شدهاند. دو گونه سنگ افیولیتی در این ناحیه وجود دارد (شکل ۱):



سر برگرفته ایونیت کا ایران و موصیت ایونیت مورد بررسی، برگرفته از Pessagno و همکاران (۲۰۰۴)، با تغییرات درباره افیولیت های انارک و جندق

(KH = Khoy; KR = Kermanshah; NY = Neyriz; BZ = Band Ziarat; NA = Naein; BF = Baft; ES = Esphandagheh; FM = Fanuj-Maskutan; IR = Iranshahr; TK = Tchehel Kureh; MS = Mashhad; SB = Sabzevar; SM = Samail; ASH= Ashin; AN = Anarak; JA = Jandaq)

(۱) افیولیتهای جندق و انارک که دارای سن پروتروزوییک بالایی Almasian, 1997; Sharkovski (Almasian, 1997; Sharkovski یا و et a., 1984; Reyer and Mohafez, 1972) (Davoudzadeh, 1997; Bagheri, 2007) (Davoudzadeh, 1997; Bagheri, 2007) بوده، در آنها تا کنون هیچ کرومیتیتی گزارش نشده است. بیشتر پریدوتیتهای گوشته این دو افیولیت را است. بیشتر یا یا به خود اختصاص داده و جزء افیولیتهای نوع LOT محسوب میشوند (ترابی، ۱۳۸۳).

افیولیت انارک در رخساره شیست سبز و افیولیت جندق در رخساره آمفیبولیت دچار دگرگونی ناحیه شده

است (Torabi, 2009). واحدهای سازنده این افیولیتها عبارتند از: پریدوتیتها و پریدوتیتهای سرپانتینی شده گوشته، گابرو، دایکهای بازیک و اولترابازیک، پیروکسنیتها، گدازههای بالشی و ماسیو، آمفیبولیت، رودینگیت و لیستونیت. همه واحدهای این دو مجموعه افیولیتی توسط دگرگونههایی از جنس شیست و مرمر پوشیده شدهاند. افیولیت انارک در بخشهای شمالی شهر انارک، و افیولیت جندق در ۴۰ کیلومتری شرق شهر جندق رخنمون دارند.

(۲) افیولیت ملانژهای نایین و عشین که دارای سن مزوزوییک بوده، دایکهای دیابازی و گدازههای بالشی آنها متعلق به کرتاسه هستند. سنگهای این دو مجموعــه افيـوليتي عبارتنـد از: پريـدوتيتهـا و پريدوتيت هاى سرپانتينى شده گوشته، كروميتيت، گابرو، پیروکسنیت، دایکهای دیابازی، کمیلکس دایـکهـای ورقـه ای، بازالـت، گـدازههـای بالشـی، پلاژیوگرانیت، چرتهای رادیولر، سنگ آهکهای کرتاسه بالایی، رودینگیت، لیستونیت و سنگهای دگر گونی شامل آمفیبولیت، دایک آمفیبولیتی، اسکارن، متاچرتهای نواری، شیست و مرمر. بررسی صحرایی پریدوتیتهای گوشته این دو افیولیت نشان میدهد که توالى لرزوليت – هارزبور گيت – دونيت به خوبي مشخص بوده، لرزولیتها هیچگاه در تماس با دونیتها نیستند. دایکهای دیابازی و گدازههای بالشی این دو افیولیت از نظر ترکیب شیمیایی دارای شباهتهایی با بازالتهای پشتههای میان اقیانوسی و بازالتهای جزایر قوسی هستند (ترابی، ۱۳۸۳؛ ترابی و همکاران، ۱۳۸۷؛ جباری، ۱۳۷۶؛ منوچهری، ۱۳۷۶). سنگ غالب پریدوتیت های گوشته این دو مجموعه افیولیتی هارزبورگیت بوده، جزء افیولیتهای نوع HOT محسوب می شوند.

این دو افیولیت در بخشهای غربی ایـران مرکـزی و در محل تغییر جهت و پیچش گسل کویر بزرگ (گسـل درونه) از شمال شرق به جنوب شرق قرار دارنـد و بـاقی مانده نئوتتیس محسوب میشوند.

سنگ آهکهای کرتاسه بالایی تا پالئوسن زیرین، و سازند آخوره با سن ائوسن، این ملانژهای افیولیتی را بهصورت دگرشیب پوشاندهاند. چرتهای رادیولر سطح گدازههای بالشی را پوشانده و خود نیز در زیر سنگ آهکهای گلوبوترونکانادار قرار میگیرند. بر اثر حرکات تکتونیکی در زمان جایگیری، چرتهای رادیولر در اغلب موارد کاملاً شکسته و خرد هستند.

فــراوان بــودن رادیولرهـا در بخــشهـایی از چـرتهای ایـن دو مجموعـه افیـولیتی بـهخـوبی مشـخص اسـت (بـا اسـتفاده از لنـز دسـتی). انـواع رادیولرهایی کـه در درون چـرتها دیـده مـیشـوند عبارتند از (Sharkovski *et al.*, 1984):

Amphipyndax stocki F o r., Dictyomitra multicostata Z I t t., D. cf. Pseudomacrocephala S q u I n., Lithocampe sp., Spongosaturnalis moorei F o r., Holocryptocanium barbiu D u m. همه این رادیولرها بیانگر سن کرتاسه بالایی برای چرتها هستند.

گلوبوترونکاناهای سنگ آهکها را نیز میتوان بـه دو گروه تقسیم نمود (Sharkovski *et al*., 1984): گروه اول کـه بیـانگر سـن Turonian – Santonian

هستند:

G. helvetica, G. ex gr. Imbricata, G. ex gr. Elevata, G. lapparenti, G. renzi

Campanian – گروہ دوم کے بیانگر سے Maestrichtian

G. tricarinata, G. stuarti, G. arca, G. conica, G. gansseri, G. falsostuarti, G. ventricosa

با توجه به مطالب فوق، زمان جایگیری این افیولیتها از پالئوسن زیرین تا ائوسن زیرین می تواند باشد. بررسیهای (Davoudzadeh, 1972) نیز سن پالئوسن زیرین تا ائوسن زیرین را نشان می دهد. این دو مجموعه به صورت درهم دیده شده و دارای خصوصیات یک آمیزه افیولیتی هستند که زمینه آن سرپانتینیت (پریدوتیتهای گوشته سرپانتینی شده) بوده، سایر سنگها در داخل آن رخنمون دارند.

www.SID.ir

این دو گونه مجموعه افیولیتی (افیولیتهای مزوزوییک و پالئوزوییک یا پرکامبرین) که در بالا ذکر شد دارای واحدهای سنگی متفاوت، ترکیب شیمیایی مختلف و گذشته زمینشناسی بسیار متفاوتی هستند.

روش انجام پژوهش

بهمنظ و دسترسی به اهداف این پژوهش از پریدوتیتهای گوشته هر چهار مجموعه افیولیتی، و کرومیتیتهای افیولیتهای عشین و نایین نمونهبرداری صورت گرفته و پس از بررسیهای پتروگرافی، کانیهای مورت گرفته و پس از بررسیهای پتروگرافی، کانیهای مناسب با استفاده از دستگاه آنالیز الکترون میکروپروب مناسب با استفاده از دستگاه آنالیز الکترون میکروپروب مناسب با استفاده از دستگاه آنالیز الکترون میکروپروب در دانشگاههای کانازاوای ژاپن و هانوور آلمان با ولتاژ شتابدهنده VA 20 و جریان nA 12 بررسی شدند. در محاسبه مقدار ⁺⁴Fe برای دسترسی به فرمول ساختاری کانیها نیز از استوکیومتری کانیها استفاده شد (Droop, 1987).

پتروگرافی و شیمی کانیها پریدوتیتهای گوشته افیولیتهای نایین و عشین لرزولیتهای گوشته این افیولیتها دارای بافتهای پورفیروکلاستیک و گرانوبلاستیک هستند و از نوع لرزولیتهای ۴ فازی هستند. این سنگها از الیوین، ارتوپیروکسن، کلینوپیروکسن و اسپینلهای کرومدار تشکیل شدهاند. الیوینها ریز دانه بوده، با حاشیههای سرپانتینی زمینه سنگ را تشکیل میدهند. این کانیها بر خلاف پیروکسنها شواهد تغییر شکل گوشتهای را از بر خلاف پیروکسنها شواهد تغییر شکل گوشتهای را از ترکیب فورستریت (روم) هستند (جدولهای ۱ و ۲). ارتوپیروکسنها دارای ترکیب انستاتیت (En₈₇₋₈₈Fs)

بوده، بهصورت پورفیروکلاست دیده میشوند. این کانیها دارای خاموشی موجی و کینک باند بوده، در مواردی کشیدگی نواریشکل از خود نشان میدهند. در حاشیه ارتوپیروکسنها خلیجهای خوردگی و انحلال وجود دارد که توسط الیوینهای ریز دانه پر شده است. کلینوپیروکسنها سالم باقی مانده و از نظر اندازه کوچکتر از ارتوپیروکسنها هستند. این کانیها دارای ترکیب اوژیت و دیوپسید هستند. اسپینلها به رنگ قهوهای روشن بوده، ریز دانه و ورمیکولار هستند. بر اثر آلتراسیون به صورت جزیی به مگنتیت تبدیل شده و دارای ترکیب اسپینل کرومدار هستند. میزان #Cr این کانیها به طور متوسط برابر با ۲۰/۰ است.

جدول ۱- تغییرات ترکیب الیوینها و اسپینلها در پریدوتیتها و کرومیتیتهای افیولیت نایین (پیرنیا، ۱۳۸۶

Rock Type	Cr# of Spinel	%Fo in Olivine
Lherzolite	0.20	90.19
Harzburgite	0.41	91.11
Dunite	0.47 - 0.71	88.22
Chromitite	0.71 - 0.73	

جدول ۲- تغییرات ترکیب الیوینها و اسپینلها در پریدوتیتها و کومیتیتهای افسولیت عشین (ترابی، ۱۳۸۳)

Rock Type	Cr# of Spinel	%Fo in Olivine
Lherzolite	0.10 - 0.40	90.50
Harzburgite	0.40 - 0.47	90
Dunite	0.45 - 0.59	87.60
Chromitite	0.47 - 0.57	

هارزبورگیتها از الیوین، ارتوپیروکسن و کانیهای فرعی کلینوپیروکسن و اسپینل کرومدار ساخته شدهاند و دارای بافت پورفیروکلاستیک و گرانوبلاستیک هستند. بر اساس دادههای میکروپروب الیوینهای موجود در این سنگها از نوع فورستریت (Fo91) هستند و نسبت به الیوینهای موجود در لرزولیتها بیشتر سرپانتینی شدهاند. ارتوپیروکسنها دارای ترکیب انستاتیت (En89)

(Fs₈₋₉ هستند و مانند ارتوپیروکسنهای لرزولیت شواهد تغییر شکل گوشتهای را نشان میدهند. حاشیههای انحلال یافته در اطراف این کانیها از توسعه و تکامل بیشتری نسبت به لرزولیتها برخوردار هستند. کلینوپیروکسنها از فراوانی کمی برخوردار هستند و دارای ترکیب اوژیت هستند.

اسپینلهای موجود در این سنگها به رنگ قرمز تا قهوهای تیره بوده، از نوع اسپینلهای کرومدار هستند. این کانیها نیمه شکل دار بوده، به طور متوسط دارای #Cr برابر با ۲۱۳/۰ هستند. همچنین، دارای اندازه بزرگتری نسبت به اسپینلهای لرزولیت هستند.

كاني اصلى سازنده دونيتها اليوين بوده، ساير كانى هايى همچون اسپينل كرومدار، كلينوپيروكسن، ارتوپیروکسن و مگنتیت دارای مقادیر کمی هستند. شدت سریانتینی شدن در این سنگها به حدی است که در بیشتر موارد تنها جزایر کوچکی از الیوینها را می توان در سنگ مشاهده نمود. در واقع این سنگها بـر اثر فرآيند سـريانتيني شـدن پيشـرفته بـه سـريانتينيت تبدیل شدهاند. حضور فراوان کانی های سرپانتین در این سنگها باعث بخشیدن بافت مشبک به این سنگها شده است. الیوینهای موجود در این سنگها دارای تركيب كريزوليت (Fo₈₈) هستند. كلينوپيروكسن ها از نوع دیوپسید و اسپینلها با #Cr برابر با ۰/۴۵ تا ۰/۷۱ از نوع اسپینلهای کرومدار هستند. اسپینلهای کرومدار به صورت نیمه شکل دار تا شکل دار بوده، به رنگ قهوهای تیره تا سیاه هستند. لنزهای کرومیتیتی در درون برخی از بخشهای دونیتی دیده می شوند. دلیل عدم بررسی الیوینهای موجود در کرومیتیتها، تغییر ترکیب آنها بر اثر واکنش با اسپینلها در دمای سابسولیدوس است (Arai, 1997). بررسے ها نشان مے دهد که مقدار

فورستریت الیوین موجود در دونیتها کمتر از لرزولیتها و هارزبورگیتها بوده، در گذر از لرزولیتها به سمت هارزبورگیت، دونیت و کرومیتیتها، #Cr اسپینلها افزایش، رنگ آنها تیرهتر و شکل آنها یوهدرالتر می شود.

پریدوتیتهای گوشته افیولیتهای انارک و جندق

پریدوتیتهای گوشته افیولیتهای جندق و انارک فازهای متعددی از سرپانتینی شدن را پشت سر نهادهاند و سرپانتینیت یکی از مهمترین سنگهای تشکیل دهنده این مجموعه های افیولیتی است. بررسی های پتروگرافی نشان میدهد که پریدوتیتهای گوشته افیولیت جندق و انارک بیشتر از نوع لرزولیت و هارزبورگیت بودهاند و دونیتها توسعه چندانی نداشتهاند. لرزولیتها و هارزبورگیتهای افیولیت جندق از کانیهای آنتوفیلیت، تالک، الیوین و ارتوپیروکسنهای دگرگونی و ترمولیت تشکیل شدهاند. کلینوپیروکسنها و اسپینل ها بازمانده کانی های آذرین اولیه بوده، بخشهایی از کلینوپیروکسنها بر اثر دگرگونی تبدیل به ترمولیت شدهاند. اسپینل های کرمدار اغلب مگنتیتی شدهاند اما قسمتهای درونی برخی از آنها هنوز سالم هستند. با توجه به موارد فوق این سنگها در رخساره آمفیبولیت دگرگون شده و آنها را میتوان متاپریدوتیت نامید (Torabi, 2009). نام گذاری پریدوتیتهای موجود در این افیولیتها بر اساس استفاده از سودومورفهای کانیهای اولیه، ترکیب شیمیایی نمونههای سنگ کل و نوع کانی های حاصل دگرگونی انجام می پذیرد. در این مجموعههای افیولیتی، اسپینلهای کرمدار در همه انواع پریدوتیتهای گوشته (لرزولیت، هارزبورگیت و دونیت) بهصورت خود شکل دیده می شوند و همان طور که قـبلاً

www.SID.ir

اشاره شد هیچ سنگی که غنی از اسپینلهای کرمدار باشد (کرومیتیت) دیده نمی شود. با استفاده از بررسیهای پتروگرافی و توجه به تغییرات کانیها که بر اثر سرپانتینی شدن و دگرگونی رخ داده است میتوان پریدوتیتهای گوشته اولیه افیولیتهای جندق و انارک را به ترتیب کاهش فراوانی، لرزولیت، هارزبورگیت و دونیت در نظر گرفت به عبارت دیگر لرزولیتها بیشترین و دونیتها کمترین فراوانی را داشتهاند. کلینوپیروکسنهای موجود در پریدوتیتهای گوشته این دو افیولیت از نوع دیوپسید هستند.

مقدار #Cr در اسپینلهای کرمداری که تحت تأثیر مگنتیتی شدن قرار نگرفتهاند در همه انواع پریدوتیتهای گوشته تنوع گستردهای نداشته و به طور

کلی می توان گفت که اسپینلهای کرمدار در انواع پریدوتیتهای گوشته این افیولیتها دارای ترکیب محدودی هستند. محدوده #Cr اسپینلهای موجود در پریدوتیتهای گوشته افیولیت جندق ۰/۴۶ تا ۰/۶۱، و محدوده #Cr اسپینلها در افیولیت انارک نیز ۰/۴۷ تا ۱۵/۰ است.

نتایج آنالیز ارتوپیروکسن و کلینوپیروکسنهای موجود در پریدوتیتهای گوشته، و اسپینلهای موجود در کرومیتیتهای افیولیتهای عشین و نایین، به همراه کلینوپیروکسن و اسپینلهای موجود در پریدوتیتهای گوشته افیولیتهای انارک و جندق، و نتایج محاسبه فرمول ساختاری و فاکتورهای معرف آنها در جدولهای ۳ تا ۱۳ آورده شده است.

جـدول ۳- نتـایج آنـالیز نقطـهای کلینوپیروکسـنهـای موجـود در پریـدوتیتهـای گوشـته افیولیـت انـارک (لرزولیـت) بـر اسـاس درصـد وزنی (%wt) و محاسبه فرمول ساختاری آنها

Sample No.	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	355	355	355	355
Analysis No.	1	2	3	4	5	6	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	7	1	43	44	45
SiO ₂	53.20	52.19	52.91	52.27	52.45	52.03	52.55	52.76	53.18	51.86	54.04	53.51	52.97	53.04	52.18	52.34	52.90	52.27	53.72	53.01	53.25
TiO ₂	0.24	0.28	0.28	0.22	0.27	0.29	0.28	0.26	0.29	0.21	0.25	0.28	0.28	0.22	0.22	0.28	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28
Al ₂ O ₃	4.07	5.18	4.27	4.86	4.68	4.86	4.82	5.08	3.95	6.51	4.62	4.21	4.56	4.46	6.33	6.18	3.97	4.69	5.01	5.08	4.67
Cr ₂ O ₃	0.84	1.08	0.97	1.08	0.85	0.88	1.04	0.95	0.97	1.17	1.04	1.18	1.06	1.02	1.17	1.15	0.74	0.76	0.68	0.75	0.75
FeO	2.20	2.28	2.23	2.27	2.41	2.19	2.13	2.09	2.13	2.40	2.62	2.14	2.19	2.27	2.30	2.32	2.08	2.57	2.52	2.22	2.31
MnO	0.10	0.06	0.06	0.06	0.10	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.10	0.07	0.08	0.08	0.12	0.09	0.06	0.04	0.06	0.10	0.06
MgO	15.84	14.85	15.32	15.22	15.73	15.20	16.19	15.99	16.58	15.18	17.97	16.48	16.00	16.43	15.31	15.55	15.59	16.44	17.17	16.13	16.18
CaO	22.37	22.78	22.80	22.76	22.27	22.87	21.32	21.61	21.32	21.61	19.66	21.63	21.49	21.81	21.72	21.27	23.00	21.89	19.89	20.80	21.35
Na ₂ O	0.67	0.60	0.61	0.67	0.57	0.60	0.62	0.65	0.56	0.72	0.56	0.59	0.64	0.58	0.78	0.70	0.59	1.03	1.01	1.06	1.00
K ₂ O	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.01
NiO	0.05	0.04	0.01	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04	0.02	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.02	0.04
Total	99.60	99.36	99.46	99.47	99.41	99.07	99.11	99.52	99.11	99.81	100.91	100.15	99.34	99.95	100.18	99.94	99.29	100.08	100.43	99.50	99.90
Structural for	mula ba	ased on	the 6 d	oxygen	s																
Si	1.94	1.91	1.94	1.91	1.92	1.91	1.92	1.92	1.95	1.89	1.93	1.94	1.94	1.92	1.89	1.90	1.94	1.89	1.93	1.92	1.93
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al _{IV}	0.06	0.09	0.06	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.06	0.11	0.07	0.06	0.07	0.08	0.11	0.10	0.06	0.11	0.07	0.08	0.07
Alvi	0.11	0.14	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.12	0.17	0.13	0.12	0.13	0.12	0.16	0.17	0.11	0.09	0.14	0.14	0.13
Cr	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Fe ²⁺	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.02	0.08	0.07	0.07
Fe ³⁺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.86	0.81	0.84	0.83	0.86	0.83	0.88	0.87	0.90	0.82	0.96	0.89	0.87	0.89	0.83	0.84	0.85	0.89	0.92	0.87	0.87
Ca	0.87	0.90	0.89	0.89	0.87	0.90	0.84	0.84	0.84	0.84	0.75	0.84	0.84	0.85	0.84	0.83	0.90	0.85	0.77	0.81	0.83
Na	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.04	0.07	0.07	0.08	0.07
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Mg#	0.93	0.92	0.93	0.93	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.92	0.94	0.98	0.92	0.93	0.93
Cr#	0.12	0.12	0.13	0.13	0.11	0.11	0.13	0.11	0.14	0.11	0.13	0.16	0.14	0.13	0.11	0.11	0.11	0.10	0.08	0.09	0.10

دلایل اختلاف ترکیب کرومیتیت در افیولیتهای نایین و عشین و نبود آن در افیولیتهای انارک و جندق (استان اصفهان)

Sample No.	355	355	355	507	507	507	507	507	507	507	507	507	507-1	507-1	507-1
Analysis No.	46	47	48	1	2	3	4	5	55	70	71	72	56	57	58
SiO ₂	53.45	53.05	53.04	51.86	51.42	51.18	51.48	51.35	53.34	53.83	52.99	52.88	53.01	53.13	53.38
TiO ₂	0.28	0.31	0.34	0.25	0.32	0.31	0.33	0.35	0.30	0.32	0.35	0.36	0.30	0.27	0.29
Al ₂ O ₃	4.77	5.12	4.75	4.20	5.00	4.85	4.37	4.91	5.02	5.08	6.01	5.90	5.25	5.39	5.29
Cr ₂ O ₃	0.74	0.66	0.62	0.68	0.75	0.71	0.55	0.70	0.70	0.71	0.85	0.97	0.76	0.74	0.69
FeO	2.32	2.25	2.64	2.07	2.13	2.17	2.14	2.23	2.23	2.38	2.43	2.44	2.28	2.20	2.30
MnO	0.08	0.07	0.10	0.08	0.04	0.08	0.04	0.09	0.09	0.09	0.10	0.07	0.08	0.07	0.10
MgO	16.17	16.08	16.20	15.14	14.88	15.20	15.19	15.02	15.99	16.17	15.49	15.70	15.73	15.83	15.99
CaO	20.88	20.86	20.45	24.48	24.40	24.55	24.70	24.43	21.11	20.56	20.50	20.73	20.84	21.19	20.95
Na ₂ O	1.01	1.07	1.02	1.09	1.11	1.06	1.03	1.01	1.03	1.09	1.15	1.04	1.02	1.06	1.08
K ₂ O	0.01	0.03	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02
NiO	0.04	0.02	0.03	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	0.06	0.05	0.03	0.03	0.05	0.04	0.03
Total	99.75	99.52	99.20	99.94	100.10	100.16	99.90	100.14	99.88	100.30	99.91	100.13	99.32	99.93	100.12
Structural form	nula basec	d on the 6	oxygens												
Si	1.94	1.93	1.93	1.88	1.86	1.85	1.87	1.86	1.93	1.94	1.92	1.91	1.93	1.92	1.93
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al_{IV}	0.06	0.08	0.07	0.12	0.14	0.15	0.13	0.14	0.07	0.06	0.08	0.09	0.07	0.08	0.07
Al_{VI}	0.14	0.14	0.14	0.06	0.08	0.06	0.05	0.07	0.15	0.16	0.18	0.16	0.16	0.15	0.15
Cr	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
Fe ²⁺	0.07	0.07	0.08	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Fe ³⁺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.87	0.87	0.88	0.82	0.80	0.82	0.82	0.81	0.86	0.87	0.84	0.85	0.86	0.85	0.86
Ca	0.81	0.81	0.80	0.95	0.95	0.95	0.96	0.95	0.82	0.79	0.80	0.80	0.81	0.82	0.81
Na	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Mg#	0.93	0.93	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.93	0.92	0.92	0.92	0.93	0.93	0.93
Cr#	0.09	0.08	0.08	0.10	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.08	0.08

جدول ۴- نتایج آنالیز نقطهای اسپینلهای موجود در پریدوتیتهای گوشته افیولیت انارک و محاسبه فرمول ساختاری آنها

Sample No.	330	330	346	346	352	352	352	358	358	358	358	433	433	433	433	433	433	485	485	485	485
SiO ₂	0.02	0.06	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.02	0.04	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01
TiO ₂	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.05	0.04	0.07	0.07	0.33	0.32	0.35	0.32	0.33	0.26	0.18	0.16	0.27	0.20
Al ₂ O ₃	29.18	28.77	28.34	27.84	27.66	27.29	26.76	24.03	26.32	25.78	27.43	26.85	26.73	27.43	27.37	28.19	27.29	27.41	27.26	27.54	26.93
Cr_2O_3	39.79	39.59	39.71	40.23	40.91	41.32	41.75	41.86	39.59	40.28	38.12	38.99	39.39	37.88	38.50	37.82	38.57	39.96	39.98	39.61	39.96
FeO	15.83	15.73	13.96	13.88	14.21	14.11	14.18	19.11	18.64	18.56	19.58	18.73	18.53	19.61	19.72	19.07	18.89	15.95	15.85	15.96	16.10
MnO	0.30	0.27	0.26	0.25	0.27	0.28	0.25	0.31	0.33	0.31	0.34	0.32	0.33	0.55	0.30	0.29	0.30	0.28	0.30	0.33	0.28
MgO	15.07	15.48	16.86	16.74	15.96	15.96	16.09	13.69	14.11	14.02	13.54	13.72	13.80	13.41	13.57	13.41	13.94	15.41	15.51	15.23	15.42
CaO	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.11	0.10	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.12	0.12	0.08	0.14	0.09	0.12	0.12	0.11	0.11	0.13	0.13	0.13	0.12
Total	100.36	100.04	99.30	99.09	99.17	99.09	99.18	99.18	99.17	99.19	99.16	99.10	99.22	99.37	99.90	99.22	99.38	99.32	99.22	99.11	99.02
Formula uni	ts based	on 32	oxyge	ns and	$1 {\rm Fe}^{2+}/{\rm I}$	Fe ³⁺ as	sumin	g full	site oc	cupan	су										
Si	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.03	0.03	0.05	0.04
Al	8.11	8.01	7.88	7.77	7.76	7.67	7.53	6.93	7.51	7.37	7.82	7.67	7.63	7.81	7.75	8.02	7.75	7.71	7.68	7.77	7.61
Cr	7.42	7.39	7.40	7.53	7.70	7.79	7.88	8.10	7.57	7.73	7.28	7.47	7.54	7.23	7.31	7.21	7.34	7.54	7.55	7.49	7.57
Fe_{2+}	2.67	2.53	2.05	2.07	2.30	2.30	2.25	2.99	2.89	2.91	3.11	3.06	3.05	3.15	3.17	3.20	3.01	2.52	2.47	2.57	2.50
Fe ₃₊	0.46	0.59	0.71	0.69	0.53	0.52	0.58	0.94	0.90	0.86	0.86	0.74	0.71	0.82	0.81	0.65	0.80	0.68	0.71	0.63	0.74
Mn	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.08	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02
Mg	5.30	5.45	5.92	5.91	5.66	5.67	5.72	4.99	5.09	5.07	4.88	4.95	4.98	4.83	4.86	4.82	5.00	5.48	5.52	5.43	5.51
Ca	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02
Total	24.01	24.02	24.02	24.02	24.01	24.00	24.02	24.02	24.02	24.02	24.01	24.01	24.02	24.02	24.01	24.01	24.02	24.01	24.02	24.02	24.01
Mg#	0.67	0.68	0.74	0.74	0.71	0.71	0.72	0.63	0.64	0.64	0.61	0.62	0.62	0.61	0.61	0.60	0.62	0.69	0.69	0.68	0.69
Cr#	0.48	0.48	0.48	0.49	0.50	0.50	0.51	0.54	0.50	0.51	0.48	0.49	0.50	0.48	0.49	0.47	0.49	0.49	0.50	0.49	0.50
Fe ³⁺ #	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05

٧

پتــرولوژی، سال دوم، شماره هفتم، پاییز ۱۳۹۰

جـدول ۵- نتـایج آنـالیز نقطـهای کلینوپیروکسـنهـای موجـود در پریـدوتیتهـای گوشـته (لرزولیـت) افیولیـت عشـین و محاسـبه فرمـول

ساختاری آنها

Sample No.	222	222	222	249	249	249	421	421	421	421	421	424	424	424	424	424	424	425	425	425	468	468	468	505	505	505
Analysis No.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	1	2	3
SiO ₂	52.15	51.93	52.04	52.65	52.14	52.53	51.72	52.33	52.86	51.99:	51.82	52.08	52.48	51.84 :	52.83	52.46	52.38	51.403	52.70	52.31	52.72	52.53	53.17	52.16	52.17	52.51
TiO ₂	0.38	0.31	0.36	0.08	0.03	0.05	0.52	0.44	0.50	0.43	0.42	0.05	0.05	0.05	0.08	0.08	0.04	0.55	0.53	0.55	0.06	0.08	0.03	0.29	0.26	0.22
Al ₂ O ₃	6.64	6.97	7.13	3.57	3.93	4.12	3.09	3.20	2.96	2.97	3.10	3.32	3.74	3.65	3.13	3.26	3.12	5.89	3.99	3.99	3.44	3.63	3.33	2.87	2.90	2.57
Cr ₂ O ₃	0.80	0.79	0.89	1.26	1.31	1.29	0.74	0.91	0.84	0.80	0.88	0.86	1.03	0.94	0.94	0.93	0.78	0.89	0.76	0.82	1.11	1.25	1.07	0.89	0.89	0.84
FeO	2.59	2.40	2.45	2.15	2.43	2.50	4.03	3.74	4.24	3.71	3.49	2.34	2.45	2.47	2.27	2.31	2.34	2.44	2.35	2.47	2.10	1.98	1.97	2.97	3.10	2.60
MnO	0.09	0.09	0.08	0.10	0.09	0.09	0.12	0.11	0.17	0.11	0.08	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.06	0.09	0.10	0.07	0.11	0.12	0.07	0.08
MgO	15.66	14.86	15.17	16.89	16.84	17.29	17.06	16.63	17.03	16.25	16.02	17.24	17.40	17.57	17.04	17.38	17.24	16.03	16.79	16.21	16.72	16.71	16.84	17.42	17.25	17.29
CaO	20.78	21.612	21.282	23.12	22.662	22.152	22.03	22.41	21.362	22.782	23.022	23.512	23.012	22.602	23.622	22.76	23.002	22.662	23.012	22.991	23.642	23.682	23.38	23.032	23.002	23.53
Na ₂ O	1.14	1.18	1.12	0.12	0.11	0.08	0.29	0.36	0.27	0.36	0.34	0.10	0.07	0.08	0.08	0.10	0.06	0.60	0.63	0.56	0.06	0.06	0.06	0.29	0.33	0.29
K ₂ O	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.02
NiO	0.02	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.06	0.04	0.06	0.04	0.01	0.03
Total	100.3	100.2	100.6	100.0	99.6	100.2	99.6	100.2	100.3	99.4	99.2	99.6	100.4	99.3	100.1	99.4	99.1	100.6	100.9	100.0	100.0	100.1	100.0	100.1	100.0	100.0
Structural form	nula b	ased o	n the	6 oxyg	gens																					
Si	1.88	1.88	1.87	1.91	1.90	1.90	1.89	1.90	1.92	1.91	1.91	1.90	1.90	1.89	1.92	1.91	1.92	1.85	1.89	1.90	1.92	1.91	1.93	1.89	1.90	1.91
Ti	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Al	0.12	0.12	0.13	0.09	0.10	0.10	0.11	0.10	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.08	0.09	0.08	0.15	0.11	0.10	0.08	0.09	0.07	0.11	0.11	0.09
Alvi	0.16	0.17	0.18	0.07	0.07	0.08	0.02	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.01	0.02	0.02
Cr	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
Fe ²⁺	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.08	0.13	0.08	0.08	0.03	0.06	0.04	0.06	0.06	0.06	0.04	0.03	0.06	0.06	0.06	0.06	0.02	0.02	0.02
Fe ³⁺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03	0.00	0.03	0.03	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	0.06
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.84	0.80	0.81	0.92	0.92	0.94	0.93	0.90	0.92	0.89	0.88	0.94	0.94	0.96	0.92	0.95	0.94	0.86	0.90	0.88	0.91	0.91	0.91	0.94	0.93	0.94
Ca	0.80	0.84	0.82	0.90	0.89	0.86	0.86	0.87	0.83	0.90	0.91	0.92	0.89	0.88	0.92	0.89	0.90	0.88	0.89	0.90	0.92	0.92	0.91	0.90	0.90	0.92
Na	0.08	0.08	0.08	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Mg#	0.92	0.92	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.88	0.92	0.92	0.97	0.95	0.96	0.94	0.94	0.94	0.95	0.97	0.94	0.93	0.94	0.94	0.98	0.98	0.98
Cr#	0.08	0.07	0.08	0.19	0.18	0.17	0.14	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.17	0.16	0.15	0.09	0.12	0.12	0.18	0.19	0.18	0.17	0.17	0.18

جـــدول ۲- نتـــایج أنـــالیز نقطـــهای اســـپینلهـــای موجـــود در
پریدوتیتهای گوشته افیولیت عشین و محاسبه فرمول ساختاری
آنها

جــدول ۶- نتـايج أنـاليز نقطـهاى ارتوپيروكســنهـاى
موجــود در پریــدوتیتهـای گوشــته (لرزولیــت) افیولیــت
عشین و محاسبه فرمول ساختاری آنها

Sample No.	222	249	424	425	473	399	400	504	505	505-5	506
Rock Type*	L	L	L	L	L	Н	Н	Н	D	D	D
SiO ₂	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
TiO ₂	0.02	0.04	0.04	0.12	0.06	0.15	0.13	0.07	0.42	0.53	0.37
Al ₂ O ₃	58.27	39.22	40.08	55.14	55.45	29.44	29.11	32.87	27.07	26.11	29.17
Cr ₂ O ₃	9.06	27.82	26.9	10.87	10.68	36.62	37.21	35.02	36.51	36.93	36.16
FeO*	11.31	15.73	15.8	12.43	13.71	17.08	15.71	15.46	22.85	23.69	19.12
MnO	0.15	0.24	0.24	0.19	0.1	0.26	0.26	0.24	0.38	0.34	0.31
MgO	20.61	16.48	17.02	20.8	19.78	16.45	16.96	16.35	12.15	12.2	14.26
CaO	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00
Na ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
K ₂ O	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01
NiO	0.36	0.17	0.18	0.30	0.35	0.15	0.17	0.13	0.08	0.09	0.11
Total	99.84	99.75	100.3	99.88	100.17	100.19	99.57	100.18	99.52	99.92	99.52
Structural fo	rmula	based of	on the	32 ox	ygens						
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.08	0.10	0.07
Al	14.16	10.45	10.56	13.51	13.63	8.10	8.04	8.95	7.77	7.49	8.19
Cr	1.48	4.97	4.75	1.79	1.76	6.76	6.89	6.39	7.03	7.11	6.81
Fe ²⁺	1.60	2.41	2.29	1.51	1.81	2.29	2.08	2.36	3.64	3.66	2.97
Fe ³⁺	0.36	0.57	0.67	0.66	0.59	1.07	1.01	0.63	1.03	1.19	0.85
Mn	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05	0.04	0.03
Mg	6.33	5.55	5.67	6.44	6.15	5.72	5.92	5.62	4.41	4.43	5.06
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.06	0.03	0.03	0.05	0.06	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
Total	24.00	24.01	24.01	24.01	24.01	24.02	24.02	24.01	24.02	24.02	24.01
Mg#	0.40	0.43	0.44	0.43	0.40	0.55	0.59	0.50	0.39	0.40	0.45
Cr#	0.09	0.32	0.31	0.12	0.11	0.46	0.46	0.42	0.48	0.49	0.45
Fe ⁺³ #	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.07	0.06	0.04	0.07	0.08	0.05
*L = Lherzol	ite; H	= Harz	burgit	; D = 1	Dunite						

		-	-				-	-
Sample No.	425	425	473	473	473	473	473	473
Analysis No.	. 1	2	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	54.31	54.35	54.45	53.98	52.86	53.82	55.08	53.35
TiO ₂	0.10	0.13	0.07	0.13	0.13	0.10	0.08	0.12
Al ₂ O ₃	5.22	4.87	3.14	4.52	4.52	5.02	3.80	5.68
Cr ₂ O ₃	0.57	0.45	0.21	0.46	0.43	0.54	0.34	0.66
FeO	5.93	6.33	6.25	6.21	7.43	6.13	6.11	5.65
MnO	0.16	0.12	0.14	0.15	0.21	0.15	0.15	0.15
MgO	32.22	32.76	35.19	33.80	33.27	33.60	33.96	31.70
CaO	1.45	1.02	0.46	0.63	1.00	0.68	0.48	2.56
Na ₂ O	0.05	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.13
K ₂ O	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01
NiO	0.09	0.09	0.09	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07
Total	100.12	100.16	100.05	99.99	99.98	100.19	100.12	100.08
Structural for	mula ba	sed on	the 6 or	xygens	5			
Si	1.88	1.87	1.86	1.86	1.83	1.85	1.89	1.84
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ^{IV}	0.13	0.13	0.13	0.14	0.18	0.15	0.11	0.16
Al ^{VI}	0.09	0.07	0.00	0.04	0.01	0.05	0.05	0.07
Cr	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02
Fe ²⁺	0.15	0.15	0.04	0.09	0.07	0.09	0.13	0.10
Fe ³⁺	0.02	0.04	0.14	0.09	0.15	0.08	0.05	0.07
Mn	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Mg	1.66	1.68	1.80	1.73	1.71	1.72	1.74	1.63
Ca	0.05	0.04	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.10
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Mg#	0.92	0.92	0.98	0.95	0.96	0.95	0.93	0.95
Cr#	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07

٨

دلایل اختلاف ترکیب کرومیتیت در افیولیتهای نایین و عشین و نبود آن در افیولیتهای انارک و جندق (استان اصفهان)

عشین و محاسبه فرمول ساختاری آنها	كروميتيتهاي افيوليت	مای موجود در	ز نقطهای اسپینله	جدول ٨- نتايج آنالي

Sample No.	320	320	320	320	320	320	320	320	426	426	426	426	426	426	426	426	426	426
SiO ₂	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02
TiO ₂	0.19	0.18	0.20	0.17	0.20	0.18	0.17	0.15	0.17	0.15	0.18	0.14	0.16	0.14	0.12	0.16	0.12	0.18
Al ₂ O ₃	27.39	27.83	28.18	28.16	27.72	27.72	28.06	28.12	28.71	28.48	28.73	28.72	28.74	28.17	28.64	28.58	28.69	28.66
Cr ₂ O ₃	39.64	39.54	39.15	39.24	39.48	40.16	39.34	39.49	38.23	38.54	38.52	38.69	38.80	38.23	38.58	38.43	38.85	38.36
FeO	13.25	13.00	13.73	13.09	14.10	14.34	13.44	12.81	14.45	14.43	13.26	13.32	14.10	14.07	13.82	13.45	13.88	13.46
MnO	0.23	0.26	0.23	0.23	0.20	0.23	0.22	0.24	0.23	0.23	0.22	0.21	0.19	0.21	0.22	0.24	0.21	0.22
MgO	18.17	18.13	17.56	18.05	17.49	17.36	17.68	18.08	17.12	17.21	18.06	18.62	17.77	17.31	17.74	17.62	17.44	18.05
CaO	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00
NiO	0.21	0.23	0.23	0.21	0.17	0.18	0.22	0.20	0.15	0.18	0.19	0.20	0.18	0.18	0.21	0.20	0.17	0.20
Total	99.15	99.20	99.32	99.20	99.38	100.21	99.19	99.15	99.08	99.24	99.25	99.90	99.99	98.37	99.34	98.70	99.36	99.15
Formula unit	s based	on 32 o	oxygens	and Fe	$^{2+}/\text{Fe}^{3+}$	issumin	g full si	te occu	pancy									
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03
Al	7.59	7.69	7.80	7.78	7.68	7.64	7.77	7.77	7.97	7.89	7.92	7.84	7.89	7.87	7.90	7.93	7.93	7.90
Cr	7.36	7.33	7.27	7.27	7.34	7.42	7.31	7.32	7.11	7.16	7.12	7.08	7.14	7.16	7.14	7.15	7.20	7.09
Fe ²⁺	1.65	1.66	1.86	1.70	1.89	1.96	1.81	1.68	2.01	1.97	1.72	1.58	1.85	1.89	1.81	1.81	1.91	1.72
Fe ³⁺	0.97	0.90	0.85	0.88	0.89	0.86	0.85	0.85	0.85	0.88	0.89	1.01	0.91	0.91	0.91	0.85	0.82	0.93
Mn	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
Mg	6.36	6.34	6.14	6.30	6.13	6.05	6.19	6.32	6.00	6.03	6.29	6.43	6.16	6.11	6.19	6.18	6.09	6.29
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04
Total	24.02	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01	24.02	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01
Mg#	0.79	0.79	0.77	0.79	0.76	0.76	0.77	0.79	0.75	0.75	0.79	0.80	0.77	0.76	0.77	0.77	0.76	0.79
Cr#	0.49	0.49	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.47	0.48	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.48	0.47
Fe ³⁺ #	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06

جدول ۸- ادامه.

Sample No.	453	453	453	453	453	453	453	453	478	478	478	478	478	478	478	478	478
SiO ₂	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
TiO ₂	0.32	0.32	0.32	0.31	0.32	0.33	0.34	0.29	0.16	0.19	0.16	0.19	0.17	0.16	0.16	0.14	0.16
Al ₂ O ₃	21.83	22.11	22.03	21.81	21.90	21.98	21.85	21.77	28.14	28.27	28.36	28.13	28.49	28.26	28.08	28.05	28.40
Cr ₂ O ₃	43.30	43.19	43.16	43.39	43.51	43.40	43.37	43.59	38.84	38.83	38.95	39.03	39.41	39.34	38.94	39.08	38.59
FeO	17.33	17.47	17.26	17.45	17.32	17.44	17.36	17.56	13.62	13.31	13.36	13.28	13.75	13.90	13.47	13.13	13.50
MnO	0.27	0.31	0.31	0.30	0.33	0.28	0.30	0.30	0.24	0.22	0.26	0.19	0.21	0.24	0.23	0.22	0.24
MgO	15.84	15.69	15.94	15.66	15.52	15.61	15.73	15.42	18.02	18.12	17.90	18.22	17.56	17.68	18.08	18.37	18.04
CaO	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Na ₂ O	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
K ₂ O	0.04	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
NiO	0.17	0.17	0.14	0.13	0.18	0.13	0.18	0.13	0.16	0.18	0.20	0.20	0.17	0.16	0.18	0.20	0.16
Total	99.13	99.29	99.18	99.08	99.11	99.20	99.16	99.09	99.20	99.16	99.19	99.26	99.78	99.76	99.17	99.24	99.11
Formula units	s based o	on 32 ox	ygens a	nd Fe ²⁺ /	Fe ³⁺ ass	uming f	ull site c	occupano	су								
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Al	6.27	6.34	6.31	6.27	6.30	6.31	6.28	6.27	7.77	7.80	7.83	7.76	7.85	7.79	7.76	7.73	7.84
Cr	8.34	8.30	8.29	8.37	8.39	8.36	8.35	8.42	7.19	7.19	7.21	7.22	7.28	7.27	7.21	7.22	7.14
Fe ²⁺	2.31	2.36	2.28	2.36	2.39	2.39	2.34	2.43	1.72	1.69	1.75	1.67	1.89	1.85	1.70	1.60	1.71
Fe ³⁺	1.25	1.22	1.25	1.22	1.17	1.19	1.22	1.18	0.96	0.93	0.89	0.95	0.80	0.88	0.96	0.98	0.95
Mn	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02
Mg	5.75	5.69	5.77	5.69	5.64	5.67	5.71	5.62	6.29	6.32	6.25	6.35	6.11	6.16	6.31	6.40	6.30
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
Total	24.03	24.02	24.03	24.02	24.02	24.02	24.02	24.02	24.02	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01	24.02	24.02	24.01
Mg#	0.71	0.71	0.72	0.71	0.70	0.70	0.71	0.70	0.79	0.79	0.78	0.79	0.76	0.77	0.79	0.80	0.79
Cr#	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Fe ³⁺ #	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06

جـدول ۹- نتـايج آنـاليز نقطـهاى كلينوپيروكسـنهـاى موجـود در پريـدوتيتهـاى گوشـته (لرزوليـت) افيوليـت جنـدق و محاسـبه فرمـول

														ی آنھا	ساختار
Sample No.	716	716	716	716	716	716	716	716	716	716	716	716	717	717	717
Analysis No.	58	60	61	66	68	69	73	74	76	77	78	79	1	2	3
SiO ₂	52.14	50.96	51.90	51.95	51.61	51.15	52.17	52.42	51.24	51.34	51.24	52.10	51.92	53.87	52.92
TiO ₂	0.40	0.47	0.29	0.39	0.43	0.52	0.32	0.35	0.38	0.44	0.46	0.61	0.20	0.23	0.27
Al ₂ O ₃	3.36	4.98	4.09	2.98	3.26	3.34	2.84	2.34	4.43	4.62	4.53	3.45	6.49	4.62	5.06
Cr ₂ O ₃	1.19	1.31	1.07	1.12	1.13	0.92	0.82	0.71	1.24	1.18	1.26	0.98	1.16	1.01	0.84
FeO*	3.48	3.60	3.74	3.36	3.52	3.80	3.42	3.46	3.49	3.55	3.45	3.70	2.41	2.27	2.16
MnO	0.08	0.13	0.14	0.12	0.12	0.19	0.15	0.17	0.07	0.10	0.11	0.12	0.09	0.11	0.08
MgO	16.42	15.41	16.48	16.71	16.36	16.22	16.73	17.07	16.15	15.94	15.79	16.69	15.24	17.46	15.83
CaO	22.75	23.02	22.86	23.01	23.14	23.17	23.27	23.22	23.08	23.28	23.41	22.22	21.60	19.68	21.68
Na ₂ O	0.43	0.42	0.42	0.40	0.36	0.35	0.39	0.33	0.35	0.34	0.31	0.37	0.71	0.57	0.82
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.05
Total	100.25	100.30	100.94	100.04	99.93	99.66	100.12	100.08	100.43	100.79	100.56	100.24	99.87	99.88	99.75
Structural form	nula based	d on 6 ox	ygens												
Si	1.90	1.86	1.87	1.89	1.88	1.87	1.90	1.91	1.86	1.86	1.86	1.90	1.89	1.95	1.92
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Aliv	0.10	0.14	0.13	0.11	0.12	0.13	0.10	0.09	0.14	0.14	0.14	0.11	0.11	0.05	0.08
Al ^{VI}	0.04	0.07	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.05	0.06	0.06	0.04	0.17	0.15	0.14
Cr	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
Fe ²⁺	0.07	0.07	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03	0.05	0.06	0.06	0.09	0.07	0.07	0.07
Fe ³⁺	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.89	0.84	0.89	0.91	0.89	0.89	0.91	0.93	0.87	0.86	0.86	0.91	0.83	0.94	0.86
Ca	0.89	0.90	0.88	0.90	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.76	0.84
Na	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.04	0.06
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sum	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Mg#	0.93	0.92	0.95	0.96	0.95	0.96	0.97	0.97	0.95	0.94	0.93	0.91	0.92	0.93	0.93
Cr#	0.19	0.15	0.15	0.20	0.19	0.16	0.17	0.17	0.16	0.15	0.16	0.16	0.11	0.13	0.10

جدول ۱۰: نتایج آنالیز نقطهای اسپینلهای موجود در پریدوتیتهای گوشته افیولیت جندق و محاسبه فرمول ساختاری آنها.

Sample No	. 685-4	685-4	685-4	685-4	685-4	689	689	689	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	554	555	783	791
SiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.20	0.14	0.25
TiO ₂	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.05	0.05	0.39	0.37	0.37	0.38	0.37	0.36	0.37	0.35	0.34	0.38	0.36	0.38	0.40	0.42	0.41
Al ₂ O ₃	19.75	19.60	19.02	19.18	19.64	22.53	22.38	21.90	26.99	26.82	26.84	26.98	26.86	26.79	27.03	26.84	27.09	26.81	27.17	28.42	28.31	29.04	28.70
Cr_2O_3	45.35	45.25	44.41	44.35	45.06	44.10	44.18	43.68	36.85	36.86	36.29	36.83	36.79	36.50	36.06	36.47	35.79	36.55	35.99	35.47	37.18	36.72	35.68
FeO	23.16	23.48	24.63	25.23	23.47	17.89	18.64	20.38	19.04	19.61	20.81	19.90	20.30	20.61	20.36	20.79	20.74	20.41	19.82	20.37	19.91	20.17	19.78
MnO	0.21	0.27	0.38	0.36	0.19	0.15	0.09	0.20	0.66	0.65	0.59	0.58	0.60	0.68	0.64	0.53	0.69	0.67	0.67	0.73	0.69	0.67	0.77
MgO	9.17	9.12	7.94	7.74	9.05	12.14	12.10	10.78	12.77	12.96	12.39	12.64	12.58	12.33	12.56	12.20	12.44	12.39	12.75	13.54	12.70	13.41	12.94
CaO	0.01	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.04
Na ₂ O	0.02	0.00	0.00	0.04	0.02	0.01	0.06	0.01	0.08	0.02	0.01	0.05	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.04	0.02	0.04	0.10	0.09	0.07
K ₂ O	0.01	0.04	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.23	0.26	0.16	0.25	0.16	0.10	0.23	0.18	0.20	0.13	0.18	0.13	0.17	0.21
Total Formula unita	97.68 based or	97.77	96.42	96.98 4 Eo ^{2+/E}	97.47	96.86	97.50	97.02	97.02	97.52	97.57	97.53	97.79	97.46	97.14	97.45	97.30	97.48	96.91	99.20	99.68	100.58	98.57
C;		0 00							y 0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.02	0.06
51 T:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.05	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08
Al	6.06	6.02	5.97	6.00	6.05	6.75	6.67	6.63	7.89	7.79	7.82	7.86	7.81	7.82	7.89	7.84	7.90	7.83	7.94	8.06	8.05	8.12	8.19
Al	9.33	9.31	9.35	9.30	9.30	8.86	8.83	8.86	7.22	7.18	7.09	7.19	7.17	7.15	7.06	7.15	7.00	7.16	7.05	6.75	7.09	6.89	6.83
Cr	4.45	4.46	4.82	4.92	4.49	3.42	3.47	3.89	3.22	3.18	3.39	3.32	3.33	3.40	3.33	3.46	3.35	3.37	3.25	3.08	3.41	3.23	3.30
Fe ²⁺	0.60	0.66	0.67	0.69	0.64	0.39	0.47	0.49	0.73	0.87	0.93	0.80	0.87	0.88	0.90	0.87	0.95	0.87	0.87	1.02	0.61	0.78	0.71
Fe ³⁺	0.01	0.02	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.11	0.11	0.09	0.09	0.10	0.11	0.10	0.08	0.12	0.11	0.11	0.15	0.14	0.14	0.16
Mn	3.56	3.54	3.15	3.06	3.52	4.60	4.56	4.12	4.72	4.76	4.57	4.65	4.62	4.55	4.64	4.51	4.59	4.57	4.71	4.86	4.57	4.74	4.67
Mg	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IX NI:	24.01	24.01	24.01	24.02	24.01	24.01	24.00	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01	24.02	24.01	0.02	24.02	24.01	24.02	24.01	24.04	24.02	24.00	0.04
	24.01	24.01	24.01	24.02	24.01	24.01	24.00	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01	24.02	24.01	24.02	24.02	24.01	24.02	24.01	24.04	24.03	24.00	24.00
Sum	0.44	0.44	0.40	0.38	0.44	0.57	0.57	0.52	0.59	0.60	0.57	0.58	0.58	0.57	0.58	0.57	0.58	0.58	0.59	0.61	0.57	0.60	0.59
Mg#	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.57	0.57	0.57	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.48	0.47	0.48	0.47	0.46	0.47	0.46	0.46
Cr#	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.05	0.05

دلایل اختلاف ترکیب کرومیتیت در افیولیتهای نایین و عشین و نبود آن در افیولیتهای انارک و جندق (استان اصفهان)

جدول ۱۱- نتایج آنالیز نقطهای کلینوپیروکسنها در پریدوتیتهای گوشته افیولیت نایین و محاسبه فرمول ساختاری آنها (پیرنیا، ۱۳۸۶)

Rock Type	Lherzolite (18) 1 2 3				Lherzolite (19)				Chromitite (20)			Harzburgite (21)					
Sample No.	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	5
SiO ₂	51.75	50.98	50.82	50.96	51.68	50.71	50.28	51.15	50.82	51.27	52.24	52.47	52.78	52.52	52.92	52.71	53.28
TiO ₂	0.16	0.09	0.21	0.09	0.20	0.21	0.16	0.15	0.19	0.02	0.05	0.11	0.26	0.29	0.26	0.29	0.25
Al ₂ O ₃	5.11	5.53	5.94	5.49	5.63	6.12	5.52	5.70	5.62	3.49	3.46	3.40	2.57	2.97	3.12	3.17	2.55
Cr ₂ O ₃	0.87	1.08	1.17	1.15	1.05	1.12	1.17	1.06	1.10	1.17	1.10	1.00	0.92	1.05	1.04	1.12	0.72
FeO	3.71	3.75	2.76	3.08	2.89	2.95	2.75	3.28	2.84	2.86	2.69	2.93	2.67	3.10	2.96	2.88	2.31
MnO	0.09	0.06	0.09	0.12	0.11	0.14	0.15	0.12	0.09	0.11	0.07	0.04	0.13	0.13	0.09	0.12	0.04
MgO	18.99	18.85	16.48	17.26	16.71	16.73	16.22	17.90	18.07	19.22	18.32	20.48	16.83	17.05	16.82	16.78	16.67
CaO	17.97	18.71	22.06	20.42	21.28	20.60	22.44	19.45	20.92	21.68	21.90	18.94	23.15	22.79	23.18	22.57	24.39
Na ₂ O	0.35	0.31	0.46	0.36	0.44	0.41	0.42	0.37	0.34	0.18	0.17	0.15	0.27	0.30	0.34	0.35	0.25
K ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
NiO	0.11	0.09	0.04	0.04	0.01	0.06	0.04	0.07	0.07	0.06	0.08	0.04	0.02	0.03	0.03	0.05	0.02
Total	99.10	99.44	100.03	99.00	100.00	99.04	99.14	99.24	100.06	100.06	100.08	99.56	99.61	100.23	100.77	100.04	100.49
Structural for	mula ba	sed on	the 6 ox	ygens													
Si	1.88	1.85	1.84	1.86	1.87	1.85	1.84	1.86	1.83	1.85	1.89	1.89	1.93	1.91	1.91	1.92	1.93
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.12	0.15	0.16	0.14	0.13	0.15	0.16	0.14	0.17	0.15	0.11	0.11	0.07	0.09	0.09	0.08	0.07
Alvi	0.10	0.08	0.10	0.10	0.11	0.12	0.08	0.11	0.07	0.00	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04
Cr	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Fe ²⁺	0.10	0.06	0.03	0.07	0.09	0.08	0.02	0.08	0.01	0.09	0.03	0.04	0.07	0.06	0.06	0.08	0.04
Fe ³⁺	0.01	0.06	0.05	0.03	0.00	0.01	0.07	0.02	0.08	0.00	0.06	0.05	0.01	0.04	0.03	0.01	0.02
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	1.03	1.02	0.89	0.94	0.90	0.91	0.89	0.97	0.97	1.03	0.99	1.10	0.92	0.92	0.91	0.91	0.90
Ca	0.70	0.73	0.86	0.80	0.83	0.81	0.88	0.76	0.81	0.84	0.85	0.73	0.91	0.89	0.90	0.88	0.95
Na	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sum	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Mg#	0.91	0.95	0.96	0.93	0.91	0.92	0.98	0.92	0.99	0.92	0.97	0.97	0.93	0.94	0.93	0.92	0.96
Cr#	0.10	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.13	0.11	0.12	0.18	0.17	0.17	0.20	0.19	0.18	0.19	0.16

موجــود در	جـدول ١٣- نتـايج أنـاليز نقطـهاي اسـپينلهـاي	
ں ساختاری	کرومیتیـتهـای افیولیـت نـایین و محاسـبه فرمـول	

آنها (بېړنيا، ۱۳۸۶).

						•••••	.)	<i>,</i> 0,
Sample No.	20	20	20	20	20	20	42	42
SiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.26	0.13
TiO ₂	0.20	0.23	0.18	0.21	0.19	0.19	0.26	0.25
Al ₂ O ₃	13.73	13.77	13.67	13.67	13.86	14.04	15.12	14.64
Cr ₂ O ₃	55.03	54.82	54.74	54.38	54.51	54.65	53.89	52.93
FeO	14.83	14.66	14.92	14.92	14.77	14.70	15.00	14.74
MnO	0.27	0.24	0.23	0.22	0.22	0.22	0.29	0.23
MgO	14.97	15.01	14.97	15.08	15.02	14.83	15.38	14.83
CaO	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.02
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.03
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
NiO							0.17	0.17
Total	99.03	98.74	98.71	98.52	98.57	98.66	100.50	97.97
Formula unit	s based	on 32 ox	ygens.					
Fe2+/Fe3+ ass	uming fu	ull site o	ccupanc	у				
Si	0.000	0.001	0.000	0.009	0.000	0.003	0.065	0.034
Ti	0.038	0.044	0.034	0.040	0.036	0.036	0.048	0.048
Al	4.107	4.127	4.100	4.105	4.157	4.213	4.443	4.412
Cr	11.037	11.019	11.014	10.952	10.967	10.995	10.6201	10.697
Fe ²⁺	2.385	2.370	2.377	2.338	2.359	2.426	2.307	2.378
Fe ³⁺	0.771	0.757	0.808	0.853	0.794	0.711	0.831	0.784
Mn	0.011	0.004	0.001	0.000	0.000	0.001	0.016	0.004
Mg	5.660	5.688	5.676	5.725	5.697	5.626	5.713	5.651
Ca	0.000	0.002	0.004	0.000	0.004	0.004	0.007	0.006
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni							0.034	0.034
Total 2	24.0092	24.0122	24.0142	24.0212	24.0142	24.0152	24.0832	24.050
Mg#	0.704	0.706	0.705	0.710	0.707	0.699	0.712	0.704
Cr#	0.729	0.728	0.729	0.727	0.725	0.723	0.705	0.708
Fe ³⁺ #	0.048	0.048	0.051	0.054	0.050	0.045	0.052	0.049

جــدول ١٢- نتــايج أنــاليز نقطــهاي ارتوپيروكســنهـاي

موجــود در پریــدوتیتهـای گوشــته افیولیــت نـایین و موجــود در پریــدونیتهــی ـرــ محاسبه فرمول ساختاری آنها (پیرنیا، ۱۳۸۶) Rock Type

(11//	(پيرىيا،	أنها	ساحتارى	فرمول	محاسبه
	Ι	herzo	olite (18)		

коск туре			1	Lnerzo	me (1	8)		
Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	54.08	54.53	54.15	54.32	54.26	54.50	55.92	55.95
TiO ₂	0.04	0.05	0.10	0.08	0.06	0.05	0.00	0.01
Al ₂ O ₃	4.55	4.39	5.03	4.19	4.44	4.67	2.67	2.62
Cr ₂ O ₃	0.68	0.69	0.78	0.64	0.62	0.63	0.65	0.73
FeO	6.11	6.17	6.11	6.09	6.07	6.14	5.43	5.61
MnO	0.12	0.15	0.13	0.14	0.16	0.16	0.15	0.15
MgO	31.89	32.18	31.38	32.59	31.44	31.84	33.71	33.52
CaO	1.76	1.41	1.47	1.31	1.91	1.53	1.41	1.37
Na ₂ O	0.03	0.02	0.04	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01
K ₂ O	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02
NiO	0.12	0.10	0.10	0.11	0.09	0.09	0.10	0.09
Total	99.38	99.70	99.30	99.50	99.10	99.62	100.07	100.07
Structural for	ormula t	ased o	n the 6	oxyge	ns			
Si	1.88	1.89	1.89	1.89	1.90	1.90	1.93	1.93
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ^{IV}	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.07	0.07
Al ^{VI}	0.07	0.07	0.10	0.06	0.08	0.09	0.03	0.04
Cr	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Fe ²⁺	0.15	0.17	0.18	0.14	0.18	0.18	0.13	0.15
Fe ³⁺	0.03	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Mg	1.66	1.67	1.63	1.69	1.64	1.65	1.73	1.72
Ca	0.07	0.05	0.06	0.05	0.07	0.06	0.05	0.05
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sum	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Mg#	0.92	0.91	0.90	0.92	0.90	0.90	0.93	0.92
Cr#	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.14	0.16

پی بردن به ماهیت اولیه پریدوتیتهای گوشته مورد بررسی بهتر است که پتروگرافی و ترکیب شیمیایی پیروکسن ها به عنوان کانی های به ارث رسیده از گوشته اولیه بررسی شود. به منظور دسترسی به جواب یرسشهای مطرح شده در قسمت مقدمه، ابتدا دلیل تشکیل کرومیتیت در افیولیتهای مزوزوییک و نبود آن در افیولیتهای پرکامبرین یا پالئوزوییک، و سـپس بـه بررسى دليل اختلاف تركيب شيميايي كروميتيتهاي موجود در افیولیتهای نایین و عشین پرداخته خواهد شد. بررسیها نشان میدهد که در فرآیند تشکیل کرومیتیت در پریدوتیتهای گوشته عوامل زیر دارای نقـش اساسـی هسـتند (Arai, 1997): (۱) ترکیـب پريدوتيت گوشته اوليه كه از ذوب بخشي آن مذاب بازالتی صعود کننده بهدست میآید؛ (۲) درصد ذوب بخشی صورت گرفته و حجم مذاب به دست آمده، که با عامل شماره یک ترکیب مذاب اولیه را تعیین میکنند؛ (۳) ترکیب ارتوپیروکسن و کلینوپیروکسن پريدوتيتي که مذاب از درون آن عبور مي کند، و (۴) ذوب بخشی های پی در پی و ورود ماگمای اولیه بعدی که با ماگمای تغییر یافته مخلوط شود.

در این بخش ۴ عامل فوق بررسی میشود. در انجام این بررسی از جندول ۱۴ کنه برگرفته از دادههای موجود در جندولهای ۳ تا ۱۳ است استفاده خواهد شد.

(۱) ترکیب غالب پریدوتیتهای گوشته در افیولیتهای جندق و انارک لرزولیتهای تقریباً زایاست در صورتی که در افیولیتهای نایین و عشین سنگ غالب هارزبورگیتهای تقریباً تهی شده هست. همان طور که قبلاً اشاره شد هرچند که این افیولیتها با یکدیگر فاصله زیادی ندارند اما از نظر زمانی با یکدیگر بسیار اختلاف داشته و یک گروه متعلق به مزوزوییک و

بحث

Zhou و همکـاران (۱۹۹۴) تشــکیل کانسـارهای كروميت انباني را نتيجه ذوب بخشي گوشته بالايي میدانند. این پژوهشگران معتقدند که کرومیتیتهای غنی از Cr از ماگماهایی به وجود می آیند که حاصل ذوب بخشی درجه بالای پریدوتیتهای گوشته هستند، در حالی که کرومیتیتهای غنی از Al در ارتباط با ماگماهایی هستند که از ذوب بخشی درجه پایین پریدوتیتهای گوشته بالایی بهوجود آمدهاند. در این مدل، ارتوپیروکسن و کلینوپیروکسن های موجود در پریدوتیت های لرزولیتی گوشته که سنگ دیواره ماگماهای بازالتی در حال صعود هستند، بر اثر تماس با مذابهای صعود کننده ذوب شده و آنچه در دیواره باقی مےماند الیوین است کہ تشکیل غلاف دونیتے را مىدهد. به طرف خارج، فقط كلينوييروكسن ها ذوب مى شوند و أنچه باقى مىماند ارتوپيروكسن و اليوينى است که تشکیل منطقه هارزبورگیتی را میدهـد کـه در بيرون غلاف دونيتي قرار دارد. اين منطقه هارزبور گيتي بطرف خارج توسط منطقه لرزوليت احاطه شده است. ذوب نامتجانس ارتوپیروکسن ها، از طرفی تولید الیوین های جایگزینی را کرده که تشکیل دهنـده اصـلی دونیتها بوده، از طرفی تولید SiO₂ را می کند که این باعث ورود ماگمای بازالتی به داخل حوزه پایداری SiO₂ کرومیت می شود و در نتیجه، کرومیت متبلور می شود (بر گرفته از شهاب پور، ۱۳۸۴ با تغییرات).

با توجه به مطلب فوق می توان متوجه شد که اسپینلها و الیوینهای موجود در پریدوتیتهای گوشته اولیه نبوده، بر اثر واکنش مذاب صعود کننده با سنگ دیواره بهوجود آمدهاند. در حالی که ارتوپیروکسنها و کلینوپیروکسنهایی که باقی ماندهاند کانیهای اولیه لرزولیتهای گوشته محسوب می شوند. بنابراین، برای

گروه دیگر متعلق به پرکامبرین یا پالئوزوییک هستند. بررسیها نشان میدهد که کرومیتیتهای انبانی در لرزولیتهای زایا و هارزبورگیتهای شدیداً دیرگداز معمولاً غایب بوده، یا دارای حجم بسیار کمی هستند (Leblanc and Violette, 1983). دلیل این مسأله مقدار کم #Cr درگیر در سیستم لرزولیتی بخصوص مقدار کم این فاکتور در پیروکسنهای موجود در لرزولیتهاست. #Cr سیستم لرزولیتی برای تمرکز اسپینل و تشکیل پایینی از فوق اشباع بودن از اسپینل است. بهترین سیستم پریدوتیتی برای تشکیل کرومیتیتهای انبانی هارزبورگیتهای نیمه دیرگداز است. شکل سیستم الیوین – اسپینل – کوارتز (شکل ۲) در سیستمهای لرزولیتی و هارزبورگیتی با یکدیگر متفاوت است. بدین

ترتیب که انحنای لیکوییدوس فازنمودار (انحنای خط مرزی الیوین – اسپینل) در لرزولیتها نسبت به هارزبورگیتها بسیار کمتر بوده، ماگمای مخلوط دارای درجه بسیار کمی از فوق اشباع بودن از اسپینل برای تسمرکز اسپینل است. با توجه به شکل ۲ مشخص است که درصورت مخلوط شدن دو مذاب با یکدیگر نقطه ترکیبی مذاب مخلوط شدن دو مذاب با یکدیگر نقطه قرار نگیرد یا اینکه مقدار اسپینل بهدست آمده بسیار اندک باشد. با توجه به مطالب ارائه شده می توان گفت اندک باشد. با توجه به مطالب ارائه شده می توان گفت نایین و عشین)، نسبت به سیستم لرزولیتهای زایا زافیولیتهای انارک و جندق)، استعداد و قابلیت بسیار بیشتری در متبلور نمودن اسپینل و تشکیل کرومیتیت دارند.

جدول ۱۳ - نتایج آنالیز نقطهای اسپینلهای موجود در پریدوتیتهای گوشته افیولیت نایین و محاسبه فرمول ساختاری آنها (پیرنیا، ۱۳۸۶).

DIT	T	1 1. (10)	T	1 1'((10)			1	1	D : (05)
коск Туре	L	nerzolite (18)	L	herzolite (19)		Ha	rzburgite (21)	_	Dunite (25)
Sample No.	73	74	68	69	46	47	48	5	80
SiO ₂	0.119	0.000	0.001	0.000	0.015	0.005	0.000	0.000	0.02
TiO ₂	0.058	0.047	0.054	0.069	0.053	0.024	0.038	0.434	0.31
Al_2O_3	49.985	48.612	49.133	50.356	32.952	33.248	32.757	26.801	15.98
Cr_2O_3	17.415	18.667	18.812	17.636	34.833	34.496	34.745	35.961	52.73
FeO*	12.612	12.536	12.788	12.468	16.173	15.829	16.105	23.786	14.87
MnO	0.125	0.146	0.135	0.118	0.202	0.209	0.201	0.293	0.21
MgO	18.261	18.047	18.269	18.387	15.205	15.406	14.711	11.865	14.98
CaO	0.016	0.000	0.006	0.017	0.011	0.024	0.000	0.007	0.02
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.03
K ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.01
NiO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.15
Total	98.591	98.055	99.198	99.051	99.444	99.241	98.557	99.147	99.31
Structural form	ula based on t	the 32 oxygens							
Si	0.026	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000
Ti	0.009	0.008	0.009	0.011	0.009	0.004	0.007	0.080	0.059
Al	12.768	12.546	12.535	12.797	9.066	9.140	9.113	7.721	4.728
Cr	2.984	3.232	3.220	3.007	6.429	6.362	6.484	6.950	10.461
Fe ⁺²	2.108	2.089	2.087	2.075	2.678	2.600	2.789	3.693	2.441
Fe ⁺³	0.178	0.207	0.228	0.174	0.479	0.487	0.389	1.169	0.687
Mn	0.023	0.027	0.025	0.022	0.040	0.041	0.040	0.061	0.000
Mg	5.901	5.892	5.896	5.911	5.292	5.325	5.177	4.324	5.602
Ca	0.004	0.000	0.001	0.004	0.003	0.006	0.000	0.002	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
К	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030
Total	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.007
Mg#*	0.737	0.738	0.739	0.740	0.664	0.672	0.650	0.539	0.782
Cr#	0.19	0.20	0.20	0.19	0.41	0.41	0.42	0.47	0.689
Fe ⁺³ #	0.011	0.013	0.014	0.011	0.030	0.030	0.024	0.074	0.043

 $Cr^{\#} = Cr/(Cr+Al)$ atomic ratio, $Mg^{\#} = Mg/(Mg+Fe^{+2})$ atomic ratio, $Fe^{+3}\# = Fe^{+3}/(Fe^{+3}+Cr+Al)$ atomic ratio

ذوب بخشی بالاتر است. پرواضح است که هرچه مقدار درصد ذوب بخشی در پریدوتیت های گوشته بالاتر باشد، مقدار Fe ،Cr و Mg مذاب حاصله (یعنی همنه های مورد نیاز برای تبلور اسپینل) نیز افزایش خواهد یافت. مقدار درصد پایین ذوب بخشی در پریدوتیت های گوشته افیولیت جندق و انارک نیز توجیه کننده نبود کرومیتیت در این دو افیولیت است.

(۳) ترکیب ارتوپیروکسن و کلینوپیروکسن موجود در پریدوتیتی که مذاب صعود کننده با آن واکنش میدهد (بخصوص مقدار #Cr آنها) نیز دارای اهمیت بسزایی است. بررسی دادههای میکروپروب کانیها (جدول ۱۴) نشان میدهد که مقدار Cr₂O₃ و #Cr کلینوپیروکسنهای موجود در پریدوتیتهای گوشته این چهار افیولیت با یکدیگر اختلاف فاحشی نداشته اما ارتوپیروکسنهای موجود در افیولیتهای نایین و عشین بهطور درخور ملاحظهای با یکدیگر متفاوت هستند.

با توجه به مطالب فوق عدم تشکیل کرومیتیت در افیولیتهای انارک و جندق را میتوان به مقدار درصد پایین ذوب پیروکسنها، فعال نبودن گوشته در تشکیل مداوم مذاب و لرزولیتی بودن سیستم گوشته دانست. اما اختلاف ترکیب کرومیتیتهای موجود در افیولیتهای نایین و عشین را میتوان به متفاوت بودن ترکیب شیمیایی پیروکسنها و به خصوص ارتوپیروکسنهای آنها نسبت داد. در ارتوپیروکسنهای افیولیت نایین مقدار 20₂OC و #Cr به موض مقدار #Mg آنها کمتر افیولیت عشین بوده، در عوض مقدار #Mg آنها کمتر است (جدول ۱۵).

هـر چـه مقـدار Cr₂O₃ و #Cr در ارتوپیروکسـن و کلینوپیروکسـنهای سـنگ دیـواره بیشـتر باشـد، بعـد از ذوب کلینوپیروکسـن و ارتوپیروکسـنهـا بـر اثـر واکـنش، مقـدار Cr در مـذاب حاصـله افـزایش یافتـه و



شکل ۲- تفاوت انحنای لیکوییدوس فاز نمودار Ol-Q-Spinel (انحنای خط مرزی الیوین – اسپینل) در سیستمهای: (b) هارزبورگیتی و c) لرزولیتی (Arai, 1997).

(۲) فراوانیی لرزولیت و سهم عمده آن در پریدوتیتهای گوشته افیولیتهای جندق و انارک نشان میدهد که ذوببخشی در این پریدوتیتهای گوشته پدیدهای فراگیر نبوده، مقدار درصد ذوببخشی که لرزولیتهای گوشته تحمل کردهاند کمتر از ۱۰٪ بوده است (ترابی، ۱۳۸۳).

برخلاف این دو افیولیت قـدیمی، در افیولیتهـای نایین و عشین، هارزبورگیتهـا دارای فراوانـی بیشـتری نسبت به لرزولیتها هستند که بیـانگر رخـداد درجـات

کلینوپیروکسنهای افیولیت نایین نیز حدود ۱۰٪ بیش از کلینوپیروکسنهای افیولیت عشین است. احتمال تبلور و تجمع اسپینل و تشکیل کرومیتیت افـــــزایش مـــــیابــــد. متوســـط Cr₂O₃

جدول ۱۵- مقایسه فاکتورهای مختلف پترولوژی و کانیشناسی چهار افیولیت نایین، عشین، انارک و جندق (برگرفته از جدولهای ۳ تا ۱۴).

Ophiolite	Jandaq	Anarak	Ashin	Naein
Age	Proterozoic or Paleozoic	Proterozoic or Paleozoic	Mesozoic	Mesozoic
Dominant Mantle Peridotite	Lherzolite	Lherzolite	Harzburgite	Harzburgite
Chromitite	No	No	Yes (High-Al)	Yes (High-Cr)
Clinopyroxene Type	Diopside	Diopside	Diopside	Diopside and Augite
Clinopyroxene Cr ₂ O ₃ Content	0.71-1.31 (Av.: 1.06)	0.55-1.18 (Av.: 0.86)	0.74-1.31 (Av.: 0.94)	0.72-1.17 (Av.: 1.05)
Clinopyroxene Al ₂ O ₃ Content	2.34-6.49 (Av.: 4.03)	3.95-6.51 (Av.: 4.94)	2.57-7.13 (Av.: 3.87)	2.55-6.12 (Av.: 4.44)
Clinopyroxene Cr#	0.100-0.200 (Av.: 0.155)	0.079-0.160 (Av.: 0.105)	0.072-0.188 (Av.: 0.149)	0.102-0.197 (Av.: 0.145)
Clinopyroxene Mg#	0.914-0.966 (Av.: 0.941)	0.917-0.982 (Av.: 0.928)	0.877-0.983 (Av.: 0.938)	0.909-0.993 (Av.: 0.943)
Orthopyroxene Cr ₂ O ₃ Content			0.21-0.66 (Av.: 0.458)	0.62-0.78 (Av.: 0.676)
Orthopyroxene Al ₂ O ₃ Content			3.14-5.68 (Av.: 4.596)	2.62-5.03 (Av.: 4.068)
Orthopyroxene Cr#			0.045-0.072 (Av.: 0.061)	0.081-0.157 (Av.: 0.106)
Orthopyroxene Mg#			0.917-0.978 (Av.: 0.944)	0.902-0.928 (Av.: 0.913)
Chromitite Spinel Cr ₂ O ₃ Content			38.23-43.59 (Av.: 39.98)	52.93-55.03 (Av: 54.37)
Chromitite Spinel Cr#			0.472-0.573 (Av.: 0.501)	0.705-0.729 (Av.: 0.722)
Mantle Peridotite Spinel Cr ₂ O ₃	35.47-45.35 (Av.: 39.24)	37.82-41.86 (Av.: 39.71)	9.26-44.86	17.42-52.73
Content				
Mantle Peridotite Spinel Cr#	0.45-0.61 (Av: 0.51)	0.474-0.539 (Av.: 0.494)	0.095-0.59	0.195-0.710

(۴) ورود یا عدم ورود ماگمای اولیه جدید به محل واکنش مذاب با سنگ دیواره پریدوتیتی نیز یک عامل بسیار مهم است. اگر ماگمای جدید وارد محیط واکنش نشود تنها مقدار کمی اسپینل کومولوس که حاصل واکنش مذاب با سنگ دیواره است تشکیل می شود. اما اگر مذاب اولیه جدید وارد شود درجه اشباع شدن از اسپینل در مذاب مخلوط بالاتر رفته و کرومیتیت تشکیل می شود. ورود ماگمای جدید و صعود پی در پی مذاب های حاصل ذوب بخشی، به یویایی گوشته در افزایش درجه ذوب بخشی و تولید حجم زیادی از مذاب بستگی دارد. بررسیهای صحرایی افیولیتهای جندق و انارک نشان میدهد که تعداد دایکها، ضخامت آنها، و حجم گدازها نسبت به افیولیتهای نایین و عشین که دارای کرومیتیت هستند درخور توجه نبوده که خود بیانگر عدم یویایی گوشته در ذوببخشی مدام و تولید دایکها و گدازههاست. بررسی پتروگرافی و شیمی اسیینلهای موجود در همه انواع پریدوتیت گوشته

افیولیتهای انارک و جندق نشان داده است که همگی یوهدرال (خودشکل) بوده، تنوع ترکیبی گستردهای ندارند. در صورتی که اسپینلهای موجود در افیولیتهای مزوزوییک از لرزولیت به سمت کرومیتیت یوهدرال تر شده و مقدار #Cr آن ها افزایش می یابد. بنابراین، اسپینلهای موجود در پریدوتیتهای گوشته را می توان اسپینل های کومولوس حاصل واکنش مذاب بازالتی با سنگ دیواره پریدوتیتی در نظر گرفت که خود بیانگر اضافه نشدن ماگمای اولیه جدید به ماگمای تغییر یافته است. همه مواردی که در بالا به آنها اشاره شد نبود کرومیتیت در افیولیتهای قدیمی ایران مرکزی را توجیه می کند. بهنظر می رسد همه عوامل ذکر شده دست به دست یکدیگر داده تا در افیولیتهای انارک و جندق كروميتيت تشكيل نشود. اما بررسي ها نشان میدهد که مهمترین عامل عدم تشکیل کرومیتیت در درون این افیولیتها لرزولیتی بودن سیستم گوشته و نبود ذوببخشی مداوم و گسترده است.

مقایسه ترکیب اسپینلها در کرومیتیتهای افیولیتهای مزوزوییک نشان میدهد که کرومیتیتهای افیولیت عشین دارای Al₂O₃ درخور توجه و کرومیتیتهای موجود در افیولیت نایین نیز دارای Cr₂O₃ زیادی هستند (شکل ۳). دلیل این اختلاف به متفاوت بودن ترکیب ارتوپیروکسنهای موجود در پریدوتیتهای گوشته آنها، و وجود درجات ذوببخشی بالاتر در پریدوتیتهای گوشته افیولیت نایین نسبت به

(الف)



شکل ۳- موقعیت کرومیتیتهای موجود در افیولیتهای عشین و نایین در: الف) نمودار تعیین کننده نوع کرومیتیت (برگرفته از Bonavia و همکاران، ۱۹۹۳)، ب) نمودار نشاندهنده ماهیت مذاب بازیک واکنشدهنده با سنگ دیواره پریدوتیتی به هنگام تشکیل کرومیتیتها. محدوده ترکیب بونینیتها و MORB برگرفته از Arai (۱۹۹۲) است.

همان طور که قبلاً اشاره شد ارتوپیروکسن های موجود در پریدوتیتهای گوشته افیولیت نایین نسبت به ارتوپیروکسینهای موجود در افیولیت عشین دارای Cr₂O₃ بیشتر و Al₂O₃ کمتری هستند (جدول ۱۳). دلیل وجود درجات ذوب بخشی بالاتر در افیولیت نایین نیز فراوان تر بودن هارزبور گیت در نایین نسبت به عشین است. ترکیب ماگمای در حال صعود که در حال واکنش با سنگ دیوارہ است نیز یکے از عوامل مهم دیگر در تعیین ترکیب شیمیایی کرومیتیتهای حاصل از رخداد واكنش مذاب – گوشته است. بررسی های (1992) Arai نشان میدهد که مـذابهـایی شـبیه MORBهـا باعـث تبلور اسپینلهای های غنی از Al، و مذابهای بونینیتی باعث تبلور اسپینلهای غنی از Cr می شود. مطالعات انجام شدہ نشان مےدھد کے مذاب واکنش گر در افیولیت نایین از نوع بونینیت (پیرنیا، ۱۳۸۶)، MORB (ترابی و همکاران، ۱۳۸۷) و بازالتهای جزایر قوسی (Rahmani et al., 2007)، و در افيوليت عشين شبيه MORB (ترابی، ۱۳۸۳) بوده است (شکل ۳). این مسأله نیز رخداد درجات ذوب بخشی بالاتر در گوشته افیولیت نایین را تایید می کند. درباره رابط و تشکیل یا عدم تشکیل و همچنین، نوع کرومیتیت با نوع محیط تكونيكي مجموعههاي افيوليتي پژوهشگران متعددي مانند: Matsumoto (۱۹۸۸) Roberts و Tomurtogoo (۲۰۰۳) و Arai (۱۹۹۲) مطالبی را ارائه کردهاند اما در این مورد اتفاق نظری وجود ندارد. تشکیل کرومیتیت در پشتههای میان اقیانوسی بهندرت گزارش شده (Arai, (1997 و در صورت تشکیل از نوع غنی از Al هستند (Zhou, 1997). در بررسيهای جدیدتر تشکیل کرومیتیتها در مجموعههای افیولیتی به محیطهای حاشیهای و جزایر قوسی بهدلیل حضور آب فـراوان در محیط نسبت دادہ مے شود (Matsumoto and

Tomurtogoo, 2003; Ravikant *et al.*, 2004). البته نمودارهای تکتونیکی ارائه شده درباره پریدوتیتها و اسپینلها بسیار ناقص بوده، همه چیز را از یکدیگر تفکیک نمی کنند (Nicolas, and Boudier, 2003).

در جدیدترین بررسیهای انجام شده، محیط تکتونیکی افیولیت نایین و نوار افیولیتی نایین – بافت به محیطهای جزایر قوسی (Rahmani *et al.*, 2007) و بالای زون فرورانش و حوضههای پشت کمان نسبت داده شده است (Moghadam *et al.*, 2008, 2009). ترابی (۱۳۸۳) بازالتهای موجود در افیولیت عشین را از نظر ترکیب شیمیایی نزدیک به MORB میداند.

بررسیهای انجام شده بر روی افیولیتهای LOT انارک و جندق (ترابی، ۱۳۸۳؛ ۲۰۲۹، ۲۰۰۹) شباهت آنها به افیولیتهای میان اقیانوسی و تودههای لرزولیتی کوهزایی (Orogenic Iherzolitic massif) را نشان میدهد. با توجه به بررسیهای انجام شده، ترکیب شیمیایی کرومیتیتها و عدم توافقی که درباره سن و

محیط تکتونیکی افیولیتهای مورد بررسی وجود دارد می توان گفت که افیولیتهای نایین و عشین احتمالا در محیط بالای زون فرورانش تشکیل شده و افیولیتهای LOT انارک و جندق شبیه افیولیتهای میان اقیانوسی و تودههای لرزولیتی هستند.

نتيجهگيرى

دلیل نبود کرومیتیت در پریدوتیتهای گوشته افیولیتهای انارک و جندق، به لرزولیتی بودن سیستم گوشته، درصد پایین ذوببخشی پریدوتیتهای گوشته، و عدم پویایی گوشته در ذوببخشی مداوم و تولید دایکها و گدازههاست. دلیل اختلاف ترکیب شیمیایی کرومیتیتهای افیولیتهای عشین و نایین نیز به متفاوت بودن ترکیب ارتوپیروکسنهای آنها، بالاتر بودن درجه ذوببخشی پریدوتیتهای گوشته افیولیت نایین، و متفاوت بودن ترکیب شیمیایی ماگمای واکنش گر در این دو افیولیت مربوط میشود.

منابع

- پیرنیا، ت. (۱۳۸۶) پترولوژی پریدوتیتهای گوشته افیولیت نایین. پایاننامه کارشناسیارشد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. ترابی، ق. (۱۳۸۳) پترولوژی افیولیتهای منطقه انارک (شمالشرق استان اصفهان) با تاکید بر مطالعه سنگهای اولترامافیک – مافیک افیولیت شمال انارک و سنگهای اولترامافیک-مافیک ملانژ افیولیتی عشین-زوار. پایاننامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
- ترابی، ق.، عبدالهی، ا. و شیردشتزاده، ن. (۱۳۸۷) استفاده از آنالیز کانیها و سنگ کل در تشخیص پتروزنژ گدازههای بالشی افیولیت نایین. مجله بلورشناسی و کانیشناسی ایران (۱۶(۲) ۲۹۵ تا ۳۱۲.
 - جباری، ع. (۱۳۷۶) زمینشناسی و پترولوژی افیولیت نایین. پایاننامه کارشناسیارشد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. شهاب پور، ج. (۱۳۸۴) زمینشناسی اقتصادی. انتشارات دانشگاه شهید باهنر، کرمان.
- منوچهری، ش. (۱۳۷۶) بررسی پتروگرافی و پترولوژی افیولیتهای شمال نایین. پایاننامه کارشناسیارشد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
- Almasian, M. (1997) Tectonics of the Anarak area (Central Iran). Ph.D. thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

Arai, S. (1997) Control of Wall-rock composition on the formation of Podiform Chromitites as a result of

Magma/Peridotite interaction. Resource Geology 47(4): 177-187.

- Arai, S. (1992) Chemistry of chromian spinel in volcanic rocks as a potential guide to magma chemistry. Mineralogical Magazine 56: 173-184.
- Bagheri, S. (2007) The exotic Paleo-tethys terrane in Central Iran: new geological data from Anarak, Jandaq and Posht-e-Badam areas. Ph.D. thesis, Faculty of Geosciences and Environment, University of Leusanne, Switzerland.
- Bonavia, F. F., Diella, V. and Ferrario, A. (1993) Precambrian podiform chromitites from Kenticha Hill, southern Ethiopia. Economic Geology 88(1): 198-202.
- Davoudzadeh, M. (1972) Geology and petrography of the area north of Nain, Central Iran. Geological Survey of Iran, Tehran, Report No. 14.
- Davoudzadeh, M. (1997) Geology of Iran, In: E. M. Moores and R. W. Fairbridge (Eds.): Encyclopedia of Asian and European Regional Geology, Chapman and Hall, London.
- Droop, G. T. R. (1987) A general equation for estimating Fe³⁺ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. Mineralogical Magazine 51: 431-435.
- Kelemen, P. B., Dick, H. J. B. and Quick, J. E. (1992) Formation of harzburgite by pervasive melt-rock reaction in the upper mantle. Nature 358: 635-641.
- Kelemen, P. B., Braun, M. and Hirth, G. (2000) Spatial distribution of melt conduits in the mantle beneath oceanic spreading ridges: Observations from the Ingalls and Oman ophiolites. G3 (Geochemistry, Geophysics, Geosystems), 1 (7).
- Kuo, L. C. and Kirkpatrick, R. J. (1985) Dissolution of mafic minerals and its implications for the ascent velocities of perdotite-bearing basalts magmas. Journal of Geology 93: 691-700.
- Leblanc, M. and Violette, J. F. (1983) Distribution of aluminum-rich and chromium-rich chromite pods in ophiolite peridotites. Economic Geology 78: 293-301.
- Matsumoto, I., and Tomurtogoo, O. (2003) Petrological characteristics of the Hantaishir ophiolite complex, Altai region, Mongolia: Coexistence of podiform chromitite and boninite. Gondwana Research 6: 161-169.
- Moghadam, H. S., Rahgoshay, M. and Whitechurch, H. (2008) Mesozoic back-arc extension in the active margin of the Iranian continental block: constrains from age and geochemistry of the mafic lavas. Ofioliti 33(2): 95-103.
- Moghadam, H. S., Whitechurch, H., Rahgoshay, M. and Monsef, I. (2009) Significance of Nain-Baft ophiolitic belt (Iran): Short-lived, transtensional Cretaceous back-arc oceanic basins over the Tethyan subduction zone. Comptes Rendus Geoscience 341: 1016-1028.
- Nicolas, A. (1989) Structures of ophiolites and dynamics of oceanic lithosphere. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Nicolas, A. and Al-Azri, H. (1990) Chromite-rich and chromite-poor ophiolites: the Oman case. Proceedings of the ophiolite conference, Held in Muscat, Oman.
- Nicolas, A. and Boudier, F. (2003) Where ophiolites come from and what they tell us. Geological Society Special Papers 373: 137-152.
- Pessagno, E. A., Jr., Ghazi, A. M., Kariminia, S. M., Duncan, R. A., and Hassanipak, A. A. (2004) Tectonostratigraphy of the Khoy complex, Northwestern Iran. Stratigraphy 1(2): 49-63.
- Rahmani, F., Noghreyan, M. and Khalili, M. (2007) Geochemistry of sheeted dikes in the Nain ophiolite (Central Iran). Ofioliti 32(2): 119-129.
- Ravikant, V., Tapan P. and Dipankar, D. (2004) Chromite from the Nidar ophiolite and Karzok Complex,

Transhimalaya, eastern Ladakh: their magmatic evolution. Journal of Asian Earth Sciences 24: 177-184.

- Reyer, D. and Mohafez, S. (1972) The first contribution of the NIOC-ERAP agreements to knowledge of Iranian geology. Edition technic, Paris.
- Roberts, S. (1988) Ophiolitic chromitite formation: A marginal Basin phenomenon?. Economic Geology 83: 1034-1036.
- Sharkovski, M., Susov, M. and Krivyakin, B. (1984) Geology of the Anarak area (Central Iran), Explanatory text of the Anarak quadrangle map, 1:250,000. V/O Technoexport Report TE/No. 19, Geological Survey of Iran, Tehran.
- Torabi, G. (2009) Chromitite potential in mantle peridotites of the Jandaq ophiolite (Isfahan province, Central Iran). Comptes Rendus Geoscience 341:982-992.
- Zhou, F. M., Robinson, P. T. and Bai, W. J. (1994) Formation of podiform chromitites by melt/rock interaction in the upper mantle. Mineralium Deposita 29: 98-101.
- Zhou, M. F. and Robinson, P. T. (1997) Origin and tectonic setting of podiform chromite deposits. Economic Geology 92: 259-262.
- Zhou, M. F., Sun, M., Keays, R. R. and Kerrich, R. W. (1998) Controls on platinum-group elemental distributions of podiform chromitites: a case study of the high-Cr and high-Al chromitites from Chinese orogenic belts. Geochimica et Cosmochimica Acta 62: 677-688.
- Zhou, M. F., Robinson, P. T., Malpas, J. G., Aitchison, J. C., Sun, M., Bai, W. J., Hu, X. F. and Yang, J. S. (2001) Melt/rock interation and melt evolution in the Sartohay high-Al chromite deposit of the Dalabute ophiolite (NW China). Journal of Asian Earth Sciences 19: 519-536.

Causes of different composition of chromitites in Naein and Ashin ophiolites, and its absence in Anark and Jandaq ophiolites (Isfahan province)

Ghodrat Torabi *

Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract

There are two types of ophiolites in the west of Central Iran: Mesozoic ophiolites (Naein and Ashin), and Paleozoic or Precambrian ophiolites (Anarak and Jandaq). Field studies show that the Mesozoic ophiolites have considerable masses of chromitite, but there are no chromitite Anarak and Jandaq ophiolites. The study of Mesozoic ophiolites reveals that they have two different types of chromitites. The Naein chromitites are high-Cr whereas the Ashin chromitites are high-Al. The reasons for the chromitite absence in the Anarak and Jandaq ophiolites are lherzolitic system of mantle, low degree of partial melting in mantle rocks and the lack of sequential melt production by mantle. Different composition of orthopyroxenes, difference in degree of partial melting and chemistry of ascending melts are causes of compositional diversity of chromitites in Mesozoic ophiolites.

Key words: Ophiolite, Mantle peridotite, Chromitite, Central Iran

^{*} torabighodrat@yahoo.com