چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علـوم زمیـــن
The 42nd National
Geosciences Congress
www.geoconf.ir

نقش کنترل ساختاری گسل نصرت آباد در کانه زایی مس مرتبط با لیستونیت های منطقه چاه بریش، شمال غرب زاهدان، شرق ایران

مجید شاه‌پسندزاده (نویسنده مسئول)[۱]، کیامرث حسینی[۲]

[۱]دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان m.shahpasandzadeh@kgut.ac.ir

[۲] دانشجوی دکتری زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران K_hosseini@sbu.ac.ir

چکیده

لیستونیت‌های شرق ایران در راستای پهنه‌های گسلی محصور کننده تراشه‌ها و عدسی‌های پریدوتیت‌های گوشته‌ای مجموعه‌های افیولیتی-آمیزه افیولیتی رتوک، نه و خاش تشکیل شده‌اند. این پریدوتیت‌های عمدتا هاربورژیتی به‌طور جانبی به سرپانتینیت‌های کربناتی شده و لیستونیت تبدیل شده‌اند. لیستونیت‌های حاوی کانه‌زایی مس محدوده معدنی چاه بریش در بخش جنوبی کوهزاد شرق ایران، شمال غرب زاهدان، در راستای پهنه گسلی نصرت‌آباد بوجود آمده‌اند. هدف این پژوهش، بررسی نقش ساختارها در تشکیل این لیستونیت‌ها و مدل زایشی کانسار مورد مطالعه است. بر اساس ترکیب شیمیایی، لیستونیت‌های این منطقه را می توان به انواع کربناتی، سیلیسی-کربناتی و سیلیسی تفکیک کرد. عدسی ها و رگه‌های لیستونیتی کربناتی و کربناتی-سیلیسی حاوی کانه‌های مس با شیب نسبتا زیاد (حدود ۷۰-۷۵ درجه) به‌سمت شمال‌شرق در پهنه های برشی توسعه یافته در متاهارزبورژیت‌ها یا مرز تماس آن‌ها با مجموعه فلیش دگرگون شده کرتاسه-ائوسن (مجموعه خاش) تشکیل شده‌اند. در واقع، کانه‌زایی مس در لیستونیت-های پهنه گسلی نصرت‌آباد به‌عنوان یک ساختار دوپلکس ترافشارشی راستالغز راست‌بر با راستای غالب *NNW-SSE* انجام شده است. این فرآیند با دگرسانی‌های کربناتی، سیلیسی، لیمونیتی-هماتیتی و آرژیلیک همراه بوده است. کانه‌زایی مس به احتمال ناشی از توده‌های گرانیتوییدی بوده که شواهد آن با دایک‌های آپلیتی و اپوفیزهای کوارتز-فلدسپاتیک شدیدا دگرسان شده شمال محدوده تایید می‌شود. با توجه به فقدان ساخت و بافت دگرگونی در لیستونیت‌های چاه بریش به‌همراه تمرکز آن‌ها در متاافیولیت‌های برشی شده کرتاسه، به احتمال زیاد تشکیل این لیستونیت‌ها بعد از دگرگونی آمیزه افیولیتی نهبندان در آخرین مراحل تصادم یا پس از تصادم کوهزاد شرق ایران بوده است.

واژه‌های کلیدی

لیستونیت، کنترل ساختاری، کانه‌زایی مس، چاه بریش، کوهزاد شرق ایران

۱. مقدمه

اگرچه تعاریف مختلفی برای لیستونیت‌ها ("افی‌کربنات‌ها") ارایه شده است؛ اما بنابرنظر اغلب پژوهشگران، لیستونیت‌ها از دگرسانی یا متاسوماتیسم کربناتی-سیلیسی-پیریتی-سرپانتینیتی سنگ‌های بازی-فوق بازی مجموعه‌های افیولیتی در پهنه‌های برشی یا گسلی- به-عنوان کانال انتقال سیالات گرمابی- ایجاد می‌شوند [1,2,3,4]. پریدوتیت‌های گوشته‌ای اواخر کرتاسه در آمیزه های افیولیتی کوهزاد شرق ایران به درجات متفاوتی سرپانتینیتی و لیستونیتی شده‌اند. لیستونیت‌های شرق ایران در راستای پهنه‌های گسلی محصور کننده تراشه‌ها/ عدسی‌ها/ هورس‌های پریدوتیت‌های گوشته‌ای مجموعه‌های گوه فزاینده رتوک، نه و خاش تشکیل شده‌اند. این پریدوتیت‌های عمدتا هاربورژیتی به‌طور جانبی به سرپانتینیت‌های کربناتی شده خاکستری تیره لیزاردیتی، سبز-خاکستری آنتی گوریتی و طیف گسترده‌ای از لیستونیت‌ها تبدیل شده‌اند.

بنابر مطالعات انجام شده بر روی لیستونیت‌های سهل‌آباد در پهنه فلیش-افیولیتی جنوب بیرجند [1]، رگه‌های اپی‌ژنتیک لیستونیت با گستره دگرسانی در پهنه گسلی متاافیولیت‌های کرتاسه کوهزاد شرق ایران تشکیل شده‌اند. از نظر ساختاری، لیستونیت‌های سهل‌آباد در پهنه‌های برشی متعددی مانند کوه زرگران، کوه آتشکده، کوه خیری، با راستای شمال غرب-جنوب شرق در پهنه‌ای به وسعت ۳۰×۳۰ کیلومتر تشکیل شده‌اند. این پهنه‌های برشی با گسل‌هایی پرشیب با توسعه برش-گوژ گسلی، خش لغزگسلی و جابه جایی متاافیولیت‌ها به‌ویژه هارزبورژیت‌ها متمایز می‌شوند. هم چنین، منظمی باقرزاده و همکاران [2] و بوسکابادی و همکاران [5] لیستونیت‌های طلادار منطقه هنگران را در جنوب بیرجند مورد مطالعه قرار داده اند. تشکیل این لیستونیت‌ها توسط دو دسته گسل با راستای *NW-SE* و *NNE-SSW* به‌عنوان شاخه‌های پهنه گسل نهبندان غربی کنترل شده است.

محدوده معدنی چاه بریش در شمال شرق روستای چاه بریش، در ۷۷ کیلومتر شمال‌غرب زاهدان، استان سیستان و بلوچستان قرار دارد (شکل ۱). لیستونیت‌های کربناتی-سیلیسی منطقه چاه بریش در پهنای گسل نصرت‌آباد با راستای *NNW-SSE*، حدفاصل توالی فلیش-های دگرگون شده کرتاسه (*Kf*) و ائوسن (*Ef*$_2$) (مجموعه آمیزه تکتونیکی خاش) با تراشه‌های پریدوتیت‌های گوشته‌ای (هارزبورژیتی) بوجود آمده‌اند. تا کنون نقش ساختارها در تشکیل این لیستونیت‌ها و مدل زایشی کانسار مورد مطالعه بررسی نشده است. هدف این پژوهش، بررسی نقش کنترل کننده سیستم گسل نصرت‌آباد در تشکیل لیستونیت‌های منطقه چاه بریش به عنوان میزبان کانسار مس مورد مطالعه است.

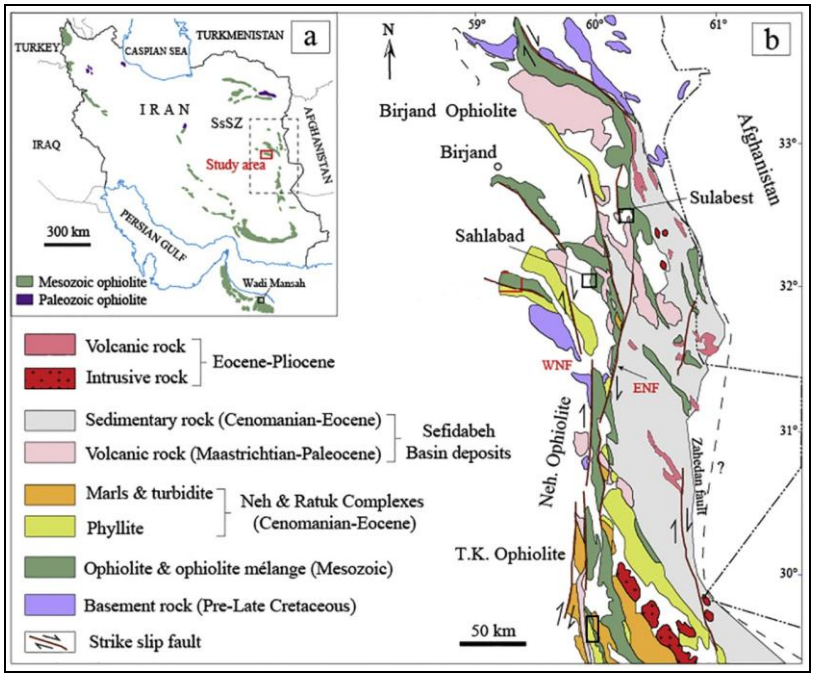
۲. زمین شناسی ناحیه ای

کوهزاد شرق ایران را بر اساس ویژگی‌های چینه‌نگاری، سنگ شناسی، ژئوشیمی و زمان زمین سنجی به دو بخش شمالی و جنوبی با مرزی بین عرض‌های ۳۰-۳۲ درجه شمالی (گوه محصور بین محل تلاقی گسل کواترنری و فعال کهورک با سیستم گسلی نه و گسل زاهدان-تلخاب در شمال تا گسل رانده بمپوشان مکران در جنوب) می‌توان تقسیم کرد [6]. کمربند افیولیتی-آمیزه افیولیتی کوهزاد شرق ایران (پهنه تصادم سیستان[1]) با روندی شمالی-جنوبی در اثر بسته شدن شاخه‌ای از حوضه اقیانوسی نئوتتیس و تصادم پالئوسن-الیگوسن بلوک‌های قاره‌ای افغان و لوت بوجود آمده است. افیولیت‌ها و آمیزه‌های افیولیتی کوهزاد شرق ایران از شمال به جنوب شامل مجموعه‌های افیولیتی بیرجند، نهبندان و چهل کوره است[7,8]. این تراشه‌های افیولیتی کرتاسه با آمیزه‌های تکتونیکی مجموعه‌های گوه (منشور) فزاینده[2] نه (کرتاسه-ائوسن) و رتوک (کرتاسه) در شمال و آمیزه تکتونیکی مجموعه خاش (کرتاسه-الیگوسن) در جنوب، توسط توالی رسوبی-آتش‌فشانی حوضه جلوکمانی سفیدابه در شمال و پلیو-کواترنری در جنوب پوشیده شده‌اند (شکل ۱).

در جنوب این کوهزاد که محدوده مورد مطالعه نیز در آن قرار دارد، یک توالی از نهشته‌های عمدتا سیلیسی کلاستیک با دگرگونی ضعیف (مجموعه آمیزه افیولیتی خاش) گسترش دارد که تحت تاثیر چین‌خوردگی بزرگ مقیاس بسته/یال موازی با اثر محوری *NW-SE* و میل به سمت شمال‌غرب قرار گرفته‌اند. مجموعه خاش به‌عنوان یک آمیزه تکتونیکی (معادل آمیزه‌های افیولیتی/ تکتونیکی نهبندان و رتوک در شمال) از ۳ بخش (۱) توربدیت‌های کرتاسه تا ائوسن، الیستوستروم، آمیزه ساختاری سنگ‌های آتش‌فشانی بازی به عنوان زمینه سایر بخش‌ها، (۲) آمیزه افیولیتی کرتاسه به‌صورت عمدتا هورس‌ها/ عدسی‌ها/ تراشه‌های پریدوتیتی سرپانتینیتی شده در راستای گسل‌ها و (۳)

[1] Sistan suture zone
[2] Accretionary prism

سنگ‌های کربناته متبلور کرتاسه-ائوسن تشکیل شده است. مجموعه گوه فزاینده خاش در جنوب گوه فزاینده سراوان قرار دارد [6,9,10].

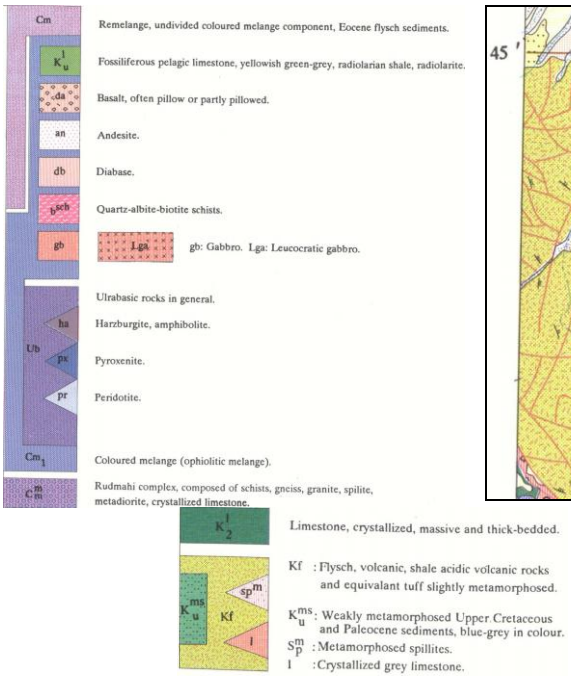


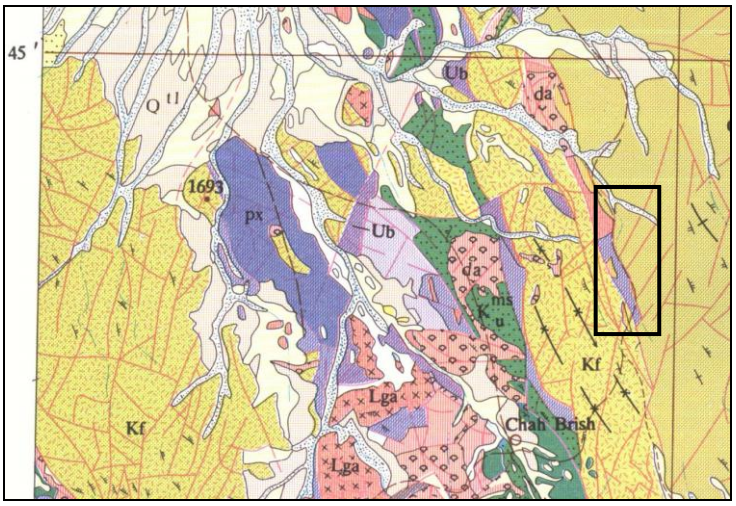
شکل ۱- نقشه زمین شناسی ساده کوهزاد شرق ایران با نمایش کمربند افیولیتی-آمیزه افیولیتی. لیستونیت‌های منطقه سهل‌آباد و سولابست و هم چنین چاه بریش با چهارگوش های سیاه نشان داده شده است (با تغییرات از [5]).

۳. زمین شناسی محدوده معدنی

لیستونیت های حاوی مس چاه بریش در متاپریدوتیت‌های شدیدا برشی و دگرگون شده کرتاسه بالایی با فلیش‌های کرتاسه و ائوسن-الیگوسن؟ (مجموعه آمیزه افیولیتی خاش) به‌همراه سنگ‌های آتش فشانی (گدازه‌ها و توف‌های اسیدی) تشکیل شده‌اند (شکل ۲). این مجموعه حداقل یک مرحله دگرگونی (شرایط P-T حد پایین رخساره شیست سبز) و چین خوردگی با اثر محوری NW-SE به موازات راستای گسترش غالب واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه را متحمل شده است. مجموعه خاش تحت تاثیر نفوذ دایک‌های لوکوگرانیت دانه ریز/ آپلیتی و اپوفیزهای کوارتز-فلدسپاتیک قرار گرفته است.

رگه های عدسی شکل قهوه‌ای-زرد رنگ لیستونیت به‌صورت برونزدهای سخت و مقاوم در برابر فرسایش در راستای پهنه گسلی نصرت-آباد- حدفاصل متاهارزبورژیت‌های شدیدا دگرشکل شده با فلیش‌های دگرگون شده کرتاسه-ائوسن تشکیل شده اند (شکل ۵). سرپانتینیت‌های لیزاردیتی به سرپانتینیت‌های کربناته آنتی‌گوریتی در حاشیه این لیستونیت‌ها تبدیل شده‌اند. در برخی نقاط، لیستونیت‌ها تشکیل گوسان‌های قهوه‌ای تا زرد تیره‌ای را با بافتی مشبک، ناشی از اکسیداسیون کانی‌های سولفیدی اولیه به هماتیت، لیمونیت و گوتیت داده‌اند. مجموعه فلیش‌های دگرگون شده کرتاسه و ائوسن با مرزی گسلی اغلب به ترتیب فرودیواره و فرادیواره رگه‌ها و عدسی-های لیستونیتی حاوی ماده معدنی را تشکیل می‌دهند.





شکل ۲- موقعیت تقریبی محدوده چاه بریش با یک چهارگوش سیاه در نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است[11].

۴. ساختار

۱،۴. چین خوردگی و دگرگونی

چین‌های یال موازی بی ریشه-کشیده[3] (*F1: 22/185, Ax:32/105*) به‌همراه فابریک *S-C* در توالی سنگ آهک‌ها تا سنگ ماسه‌های آهکی خاکستری مایل به سبز با تناوب سنگ سیلت و آرژیلیت‌های دگرگون شده کرتاسه گزارش می‌شود (شکل ۳). یک برگوارگی مشخص (*S1:35/107*) تقریبا موازی با طبقه بندی (*S0:29/102*) در این مجموعه فلیشی دگرگون شده توسعه یافته است. در برخی نقاط شیل‌های آهکی یا سنگ آهک‌های آرژیلیتی خاکستری تیره متناوب با سنگ آهک‌های این مجموعه فلیشی تحت تاثیر پهنه‌های برشی، به کالک میلونیت تبدیل شده‌اند.

شکل ۳- توسعه چین‌های یال موازی به‌همراه فابریک *S-C* در توالی سنگ آهک‌ها، سنگ ماسه‌های آهکی و آرژیلیت‌های دگرگون شده کرتاسه (نگاه به شرق).

[3] Attenuated rootless isoclinal folds

۲،۴. گسل ها

بخش شرقی بلوک لوت با سیستم گسلی نه (نهبندان) متشکل از گسل های راستالغز با مولفه معکوس نه شرقی، نه غربی، آساقی، نصرت آباد و کهورک و اغلب شیب زیادی (حدود ۷۰-۸۰) به سمت شرق متمایز می شود. گسلش راستالغز کنونی شرق بلوک لوت و ایران مرکزی حداقل از حدود ۲۲ تا ۸ میلیون سال قبل کوهزاد شرق ایران را تحت تاثیر قرار داده است [12]. گسل راستالغز راست بر با مولفه معکوس نصرت آباد با طولی حدود ۲۵۰ کیلومتر و راستای شمالی-جنوبی با شیب زیادی (حدود ۷۰-۸۰) به سمت شرق، از شمال بخش نصرت آباد در شمال (عرض جغرافیایی حدود ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه) تا ایرانشهر و شرق بزمان گزارش شده است.

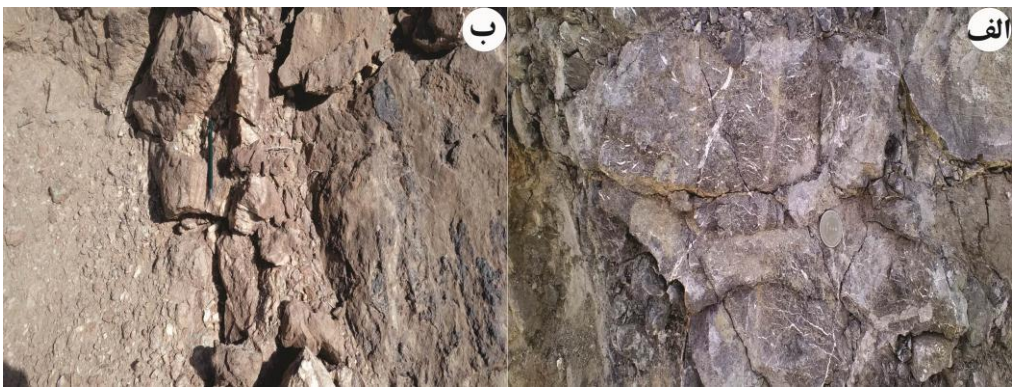
۵. بحث

۱،۵. دگرسانی

دگرسانی‌های کربناتی، سیلیسی، لیمونیتی-هماتیتی و آرژیلیک در محدوده مورد مطالعه گزارش می‌شود. فرآیند کربناتی شدن به احتمال طی مراحل متوالی تبدیل لیزاردیت/کریزوتیل به آنتی‌گوریت (سرپانتینیتی شدن) و کربناتی شدن با تشکیل تالک حاوی آنتی‌گوریت و منیزیت (تجمع کانی‌های آنتی‌گوریت-تالک-منیزیت) و نهایتا تجمع کانی‌های سیلیسی-کربناتی کلسیت، دولومیت، آنکریت؟، سیدریت؟، کوارتز (لیستونیت) انجام شده است. به احتمال تبدیل آنتی‌گوریت به تالک و منیزیت با جایگزینی تالک توسط کوارتز و منیزیت دنبال شده است. رگچه‌های داربستی منیزیت در هارزبورژیت‌های سرپانتینیتی شده مجاور لیستونیت‌ها گسترش قابل توجهی دارند (شکل ۴). در برخی نقاط، رگه‌های کربناتی (کلسیت) فاقد کانی‌زایی مس (*78/310*)، کمابیش موازای با رگه-رگچه های کوارتز چندبلوری این لیستونیت‌ها را قطع کرده‌اند.

دگرسانی سیلیسی به‌صورت سیلیس بی‌شکل همراه با سولفیدها (پیریت، کالکوپیریت، بورنیت) و رگه-رگچه های کوارتز چندبلوری در این لیستونیت‌ها دیده می‌شود. شواهدی از کانی‌زایی مس (آغشتگی به هیدروکسیدهای ثانویه مس مانند مالاکیت) در این رگه-رگچه های کوارتز چندبلوری تاخیری گزارش می‌شود. میانگین موقعیت هندسه این رگه های سیلیسی (*65/304*) با عدسی‌ها و رگه‌های لیستونیت-های سیلیسی حاوی سولفیدهای مس (*55/073*) متفاوت است (شکل ۴). موقعیت هندسی سطوح ساختاری برحسب شیب/ جهت شیب ارایه شده است.

دگرسانی لیمونیتی-هماتیتی به طور گسترده‌ای لیستونیت‌های این محدوده را تحت تاثیر قرار داده است، به‌طوری‌که سبب رنگ غالب قرمز قهوه‌ای تا زرد متمایل به نارنجی به‌ویژه در لیستونیت‌های کربناتی و کربناتی-سیلیسی شده است. هم‌چنین، رگچه‌هایی از هماتیت-لیمونیت قرمز تا زرد متمایل به قهوه‌ای اغلب این لیستونیت‌های سیلیسی حاوی کانی‌های سولفیدی را قطع کرده‌اند. این اکسیدها/هیدروکسیدهای آهن به احتمال در اثر دگرسانی سولفیدهای هیپوژن اولیه مانند پیریت و کالکوپیریت حاصل شده‌اند. دگرسانی سفید رنگ آرژیلیتی سبب دگرسانی گسترده فلدسپارها به کانی‌های رسی مانند کائولینیت در دایک‌های آپلیتی و و اپوفیزهای کوارتز-فلدسپاتیک شده است.



شکل ۴- الف- توسعه رگچه‌های دارسبتی منیزیت در هارزبورژیت‌های سرپانتینیتی شده مجاور لیستونیت‌ها (نگاه به غرب). ب- کانه‌زایی مس همراه با رگه‌های کوارتز در لیستونیت‌های کربناتی-سیلیسی قرمز قهوه‌ای توده‌ای شکل (نگاه به شمال شرق).

۲،۵. انواع لیستونیت‌ها

بر اساس محتوای کانی‌های سیلیسی و کربناته و درنتیجه ترکیب شیمیایی لیستونیت‌های محدوده مورد مطالعه، آن‌ها را با لحاظ اصل تلاقی[4] ساختارها از قدیم به جدید به لیستونیت‌های کربناتی، سیلیسی-کربناتی و سیلیسی می‌توان تقسیم کرد. رگه-رگچه‌های تاخیری کربناتی و به‌ویژه سیلیسی این لیستونیت‌ها را قطع کرده اند. رگچه‌های موزائیک کوارتز چندبلوری با بافت شانه‌ای (حاوی کانی های اکسیدی مس) لیستونیت‌های اولیه کربناتی و کربناتی-سیلیسی را قطع کرده‌اند.

لیستونیت های کربناتی و کربناتی-سیلیسی در سطح زمین به رنگ قهوه ای تیره تا روشن و در سطح تازه به رنگ زرد مایل به قهوه ای تا خاکستری دیده می شوند. لیستونیت‌های کربناتی و کربناتی-سیلیسی اغلب تشکیل توده‌های عدسی شکل با شیب نسبتا زیاد (حدود ۷۰-۷۵ درجه) به سمت شمال‌شرق را در پهنه‌های برشی توسعه یافته در متاهارزبورژیت‌ها یا مرز تماس آن‌ها با مجموعه فلیش دگرگون شده ائوسن داده‌اند (شکل ۵). این لیستونیت ها با ضخامت قابل توجهی (حدود ۴ تا ۱۰ متر) در حاشیه با مرزی هوازده به آنتی گوریت-سرپانتینیت تغییر کرده یا مرزی مشخص و گسلی با فلیش ها نشان می دهند. آن‌ها فراوان‌ترین لیستونیت های منطقه چاه بریش هستند که میزبان رگه های لیستونیت سیلیسی در بخش مرکزی پهنه های برشی هستند. این لیستونیت‌ها عمدتا از کانی‌های کلسیت، دولومیت، منیزیت، کوارتز، سرپانتین به‌همراه کانی‌های سولفیدی پیریت و کالکوپیریت در راستای پهنه گسلی نصرت‌آباد (بخش جنوبی گسل نهبندان غربی) تشکیل شده‌اند. کانی‌زایی *Cu-Fe* در این لیستونیت‌ها با کوولیت، کالکوسیت، بورنیت، دیژنیت؟، مالاکیت، آزوریت، گوتیت و هماتیت مشخص می‌شود.

لیستونیت‌های سیلیسی (بریبریت [13,14]) با رنگ هوازده قرمز قهوه ای و رنگ سطح تازه قهوه ای تا خاکستری دارند. رنگ قرمز قهوه ای آن ها ناشی از اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن مانند هماتیت، لیمونیت و گوتیت است. این لیستونیت‌ها رگه‌های مسطح ناپیوسته‌ای، اغلب با بافت کولوئیدال دگرشکل نشده را در بخش مرکزی لیستونیت های کربناتی و کربناتی-سیلیسی تشکیل می‌دهند. بافت کولوئیدال دگرشکل نشده سیلیس می‌تواند نشانگر ماهیت فوق اشباع[5] سیالات گرمابی یا اختلاط انفجاری[6]؟ آن‌ها در دمای کمتر از ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد باشد [15]. این لیستونیت ها بعد از سایر لیستونیت ها با ضخامت محدودتری (حدود ۱ تا ۴ متر) و طولی حدود چند ده متر در پهنه های برشی داخل آن ها گسترش یافته و میزبان سولفیدهای مس و آهن (کالکوپیریت و پیریت) هستند. در واقع بخش عمده کانی زایی مس در این لیستونیت‌ها و لیستونیت‌های کربناتی-سیلیسی توسعه یافته در متاهارزبورژیت‌های سرپانتینیتی شده آمیزه افیولیتی نه و هم چنین در پهنه برشی/ مرز گسلی آن‌ها با مجموعه فلیش دگرگون شده کرتاسه بالایی (فرودیواره) و ائوسن (فرادیواره) گزارش می‌شود.

۳،۵. ساختار و کانه زایی

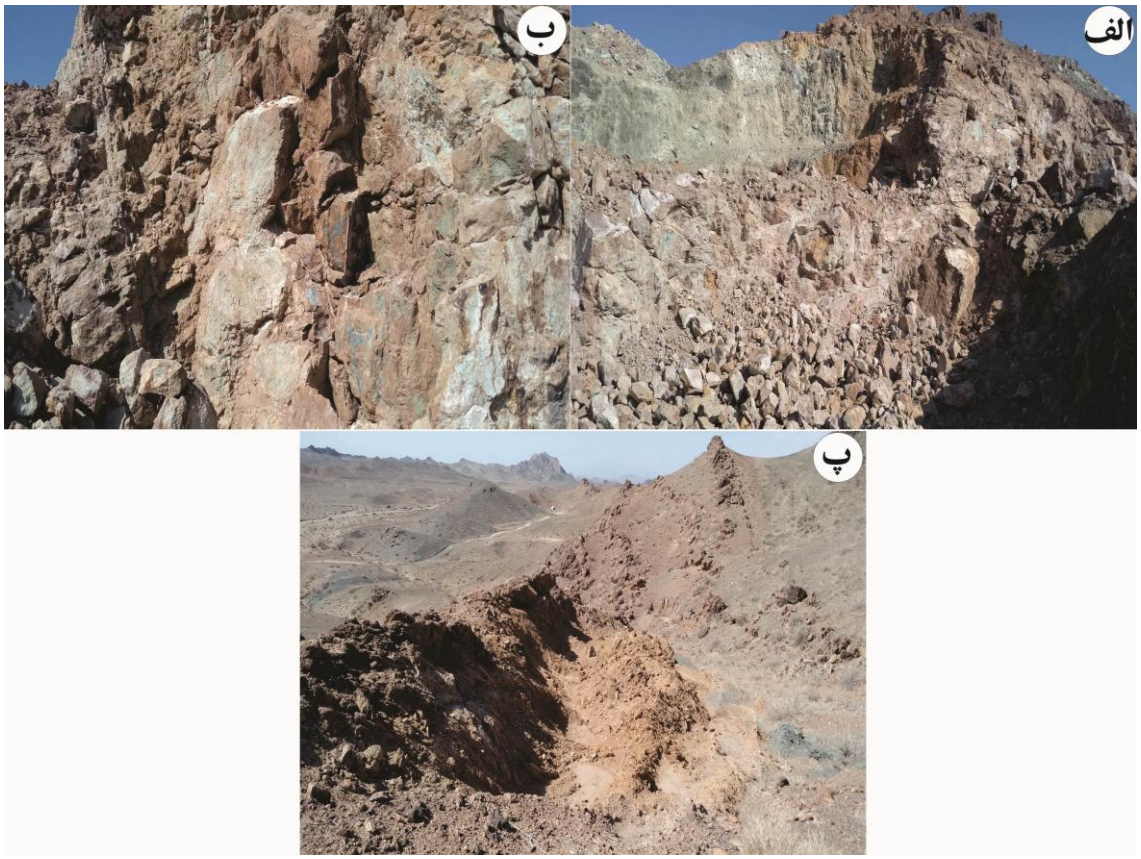
توزیع مکانی لیستونیت‌ها توسط پهنه‌های برشی و شاخه‌های گسلی منشعب از پهنه گسل نصرت آباد کنترل شده است. این لیستونیت‌ها اغلب تشکیل توده‌های عدسی شکل، پود[7] و رگه‌های مسطحی به پهنای حدود ۴ تا ۱۰ متر با گسترش طولی حدود چند متر در راستای *NNW-SSE*، موازی با پهنه گسلی نصرت‌آباد را داده‌اند. میزان دگرشکلی از بخش مرکزی لیستونیت‌ها به‌سمت حاشیه آن‌ها افزایش یافته، به‌طوری‌که اغلب با برگوارگی دینامیکی و تشکیل کاتاکلاستیت‌ها (به‌طور مثال، برش گسلی) در پهنه گسلی متمایز می‌شوند.

کانه‌زایی مس با ساخت رگه-رگچه، دارسبتی، برشی و فضاپرکن در رگه های لیستونیتی کربناته متبلور قرمز قهوه‌ای توده‌ای شکل تشکیل شده است. این لیستونیت‌ها در یک پهنه گسلی معکوس با مولفه راستالغز راست‌بر در مرز تماس متاپریدوتیت‌های سبز تیره شدیدا برشی (متاهارزبورژیت‌های سرپانتینیتی شده) با توالی فلیشی ائوسن دگرگون شده مشاهده می‌شوند. در برخی نقاط، یک لامیناسیون ظریف (*68/092*) کمابیش به موازات هندسه رگه‌های لیستونیت کربناتی دیده می‌شود. رگه-رگچه‌های سیلیسی (کوارتز متبلور چندبلوری) این

---

[4] Cross-cutting relationship
[5] Supersaturated
[6] Pulsatile mixing
[7] Pods

لیستونیت‌ها را قطع کرده‌اند. هیدروکسیدهای قرمز قهوه‌ای آهن (هماتیت، لیونیت و گوتیت) به همراه اکسیدها و هیدروکسیدهای سبز تا آبی فیروزه‌ای مس (آزوریت و مالاکیت) در سطوح برونزد لیستونیت‌ها و شکستگی‌های آن‌ها گزارش می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵- الف و ب- کانه‌زایی مس در رگه لیستونیتی کربناته قرمز قهوه‌ای تشکیل شده در متاهارزبورژیت‌های سرپانتینیتی شده سبز رنگ پهنه گسلی نصرت‌آباد (نگاه به شمال شرق). پ- کانی‌زایی مس در عدسی های لیستونیتی کربناته به پهنای حدود ۴-۶ متر به‌موازات پهنه گسلی (نگاه به شمال).

در کانه‌زایی سولفیدی مس (کالکوپیریت، بورنیت، کالکوسیت) با پیریت ساخت رگه-رگچه، فضا پرکن و پراکنده را در راستای پهنه گسلی با موقعیت هندسی *84/012* نشان می‌دهد (موقعیت *UTM 231418, 3284846*). در موقعیت *UTM (231368, 3284907)* یک رگه لیستونیت کربناته-سیلیسی به ضخامت حدود ۳ متر با کانی‌زایی *Cu-Fe* (هماتیت، لیمونیت، گوتیت، ژاروسیت، مالاکیت، آزوریت) با ساخت رگچه‌ای، داربستی و برشی تشکیل شده است. میانگین موقعیت هندسی این رگه‌های لیستونیت سیلیسی *80/060* است. در مجاور این رگه‌ها، شواهد دگرسانی کربناتی، هماتیتی-لیمونیتی و سیلیسی گزارش می‌شود. به‌علاوه، کانی‌زایی *Cu-Fe* با اکسیدها/ هیدروکسیدهای قرمز قهوه‌ای تا زردرنگ آهن (هماتیت، لیمونیت و گوتیت) به‌همراه هیدروکسیدهای مس (مالاکیت و آزوریت) با ساخت رگه-رگچه، داربستی، برشی و فضاپرکن در پهنای حدود ۱۰ متر در لیستونیت‌های کربناتی قرمز قهوه‌ای رنگ-مرز تماس متاهارزبورژیت-های سرپانتینیتی شده با توالی فلیش دگرگون شده ائوسن- گزارش می‌شود (*231481, 3284545*). میانگین موقعیت هندسی این لیستونیت‌های عدسی شکل *63/087* است. این کانی‌زایی با دگرسانی‌های کربناتی، هماتیتی-لیمونیتی و سیلیسی همراه بوده است. رگچه‌ها/رگه‌های کلسیتی به‌ضخامت ۱-۲ سانتی‌متر این لیستونیت‌های کربناتی توده‌ای- عدسی شکل را قطع کرده‌اند. میانگین موقعیت هندسی این رگه‌های کربناته *78/310* و *55/342* اندازه‌گیری شده است. هم‌چنین، رگه‌های سفیدرنگ ناپیوسته کوارتز به‌ضخامت حداکثر یک متر با راستای *NNW-SSE* (به‌موازات پهنه گسلی) در این لیستونیت‌ها تشکیل شده است.

در مرز بالایی تماس لیستونیت‌های کربناتی-سیلیسی قرمز قهوه‌ای توده‌ای شکل به‌ضخامت حدود ۱۲متر با کاتاکلاستیت‌های متاپریدوتیت سرپانتینیتی شده برشی سبز تیره-سیاه رنگ با رگچه‌های سفیدرنگ منیزیت، کانی‌زایی مس (آزوریت و مالاکیت) با ساخت رگه-رگچه و برشی همراه با رگه‌های کوارتز انجام شده است (*231529, 3284377*). موقعیت هندسی این رگه‌های سیلیسی حاوی کانه‌های مس *64/302* تا *42/310* است. هم‌چنین، شواهد کانی‌زایی مس (کالکوسیت، آزوریت، مالاکیت) با ساخت برشی، رگچه‌ای و فضاپرکن در سطح بالایی لیستونیت‌های قرمز قهوه‌ای رنگ توده‌ای توسعه یافته در مرز بین گدازه‌های بازالت پورفیری سبز تیره/پریدوتیت‌های دگرگون شده با سنگ ماسه‌های آهکی/ سنگ ماسه‌های سبز متورق ائوسن مشاهده می‌شود (*231554, 3284324*). کانی‌زایی مس در پهنای حدود ۴-۶ متر با گسترش وسیع اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن به موازات پهنه گسلی مشاهده می‌شود (شکل ۵). موقعیت هندسی رگه/رگچه‌های حاوی کانه‌های مس *66/305* است. در مرز زیرین رگه‌های لیستونیتی سیلیسی-کربناته (*231522, 3284347*) با توالی فلیشی کرتاسه بالایی، کانی‌زایی مس (هیدروکسیدهای مس) با ساخت رگه-رگچه و برشی با دگرسانی ضعیف کربناتی و سیلیسی گزارش می‌شود. این لیستونیت‌ها در راستای یک گسل معکوس با مولفه راستالغز راست‌بر (*64/075*) با ریک *50N*، تشکیل شده‌اند.

در شمال محدوده معدنی چاه بریش، دایک‌های آپلیتی و اپوفیزهای کوارتز-فلدسپاتیک سفیدرنگ شدیدا دگرسان شده (آرژیلیتی و سیلیسی) الیگوسن؟ اغلب به داخل فلیش های با دگرگونی ضعیف ائوسن تزریق شده اند. بنابر نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ زاهدان، پهنه وسیعی از داسیت در شمال غرب محدوده معدنی مورد مطالعه برونزد دارد. این داسیت‌ها به‌رنگ روشن در تصاویر ماهواره‌ای به وضوح قابل شناسایی هستند. این اپوفیزهای کوارتز-فلدسپاتیک به احتمال در ارتباط با داسیت‌های منطقه مورد مطالعه هستند. است. این دایک‌ها با میانگین موقعیت هندسی *85/265* اغلب توسط پهنه گسلی نصرت‌آباد قطع شده و در مرز تماس آن ها با لیستونیت‌های کربناتی و کربناتی-سیلیسی، برش‌های گسلی با شواهد دگرسانی آرژیلیتی، سیلیسی و لیمونیتی تشکیل شده است (شکل ۶).

شکل ۱۶- الف- دایک های آپلیتی و ب- اپوفیزهای کوارتز-فلدسپاتیک توسط پهنه گسلی نصرت‌آباد قطع و در مرز تماس آن‌ها با لیستونیت‌ها، برش‌های گسلی تشکیل شده است (نگاه به غرب).

۴،۵. مدل زایشی کانسار

بنابر نظر آفتابی و زرین کوب[1] منطقه سهل‌آباد، سیالات دگرگونی غنی از *CO_2, H_2O, H_4SiO_4, Cu, S, Au* در ژرفای انتقال شیست سبز به آمفیبولیت سبب انتقال فلزات پایه و قیمتی مانند سولفیدهای مس، طلا و تشکیل لیستونیت‌های کربناتی-سیلیسی منطقه سهل‌آباد در پهنه‌های برشی شکل‌پذیر-شکننده پوسته‌ای شده‌اند. در این مدل کانی‌زایی، دگرگونی و دگرشکلی ناشی از جایگزینی آمیزه افیولیتی شرق ایران سبب ایجاد پهنه‌های برشی به‌عنوان مجاری/کانال‌های انتقال سیالات درجه حرارت متوسط-بالای دگرگونی (۲۰۰-۴۰۰ درجه سانتی‌گراد) شده است. این سیالات اسیدی کانی‌ساز غنی از *SiO_2, MgO, CaO, CO_2* پس از تزریق به‌سمت بالا با کاهش *pH* و *Eh* سبب دگرسانی و تشکیل لیستونیت در این پهنه‌های برشی شده‌اند.

بنابر مقادیر ایزوتوپ‌های پایدار $^{18}O/^{16}O$,$^{13}C/^{12}C$ دولومیت در لیستونیت‌های منطقه هنگران، جنوب بیرجند [2]، این پژوهشگران منشا O-C را آب‌های اقیانوسی پیشنهاد کرده‌اند که با چرخش در سیستم شکستگی‌ها سبب دگرسانی گسترده پریدوتیت‌های گوشته‌ای شده‌اند. هم‌چنین، مقادیر ایزوتوپ $^{18}S/^{16}S$ زوج کانی پیریت-مارکاسیت، منشا S سولفیدها را گرانیت‌های منطقه نشان می‌دهد، به‌طوری‌که سیالات گرمابی اسیدی غنی از H_2S- سبب شستشو و انتقال طلا و فلزات پایه این گرانیت‌ها به سیستم شکستگی‌های منطقه و تشکیل لیستونیت‌های سیلیسی سولفیدی شده‌اند. در واقع، منشا $Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Hg, As, Sb$ مرتبط با گرانیت‌ها و Cr, Ti, Ni, Fe مرتبط با پریدوتیت‌ها درنظر گرفته شده است.

بنابر مطالعات بوسکابادی و همکاران[5] مقادیر ایزوتوپ‌های $^{87}Sr/^{86}Sr$,$^{18}O/^{16}O$,$^{13}C/^{12}C$ منیزیت و دولومیت لیستونیت‌های منطقه هنگران، منشا کربن را سنگ‌های کربناته رسوبی نشان می‌دهد. تجمع کانی های همراه نشانگر تشکیل لیستونیت‌های از پریدوتیت‌های گوشته ای طی کربناتی شدن و تبدیل لیزاردیت به آنتی‌گوریت در زیررخساره شیست سبز (کمتر از ۲۸۰ درجه سانتی گراد) است. انواع مختلف لیستونیت‌ها و رگه‌های منیزیت ریزبلور[۸] منطقه هنگران در شرق ایران نشانگر دفع[۹] CO_2 از توالی‌های سرپانتینیتی و کربناتی یک سیستم جلوکمانی فسیل است. الگوی عناصر متحرک-سیال[۱۰] (مانند AS, Sb) در واحدهای سنگی کربناته با مشارکت رسوبات فرورونده در تامین کربن سیالات گرمابی در یک جایگاه جلوکمانی هماهنگ است. منشا این سیالات، خروج[۱۱] سیالات منفذی و آزاد شدن سیالات پیوند ساختاری از رسوبات کربناته مجموعه فرورانش در بخش کم عمق گوه گوشته ای کوهزاد شرق ایران (پهنه تصادم سیستان) است. بخش‌های کم عمق گوشته‌ای پهنه تصادم اگرچه نقشی مهمی در دفع CO_2 نداشته، ولی سبب انتقال جرم شده‌اند. سیالات حاوی CO_2 در حدفاصل لیتوسفر اقیانوسی فرورونده-گوشته[۱۲] به سمت بالا مهاجرت کرده و در راستای گسل های پهنه تصادم بلوک های قاره ای افغان و لوت در ائوسن-الیگوسن سبب کربناتی/لیستونیتی شدن پریدوتیت‌های گوشته‌ای شده است.

با توجه به فقدان ساخت و بافت دگرگونی در لیستونیت‌های شرق ایران به‌همراه تمرکز آن‌ها در پهنه گسلی نصرت آباد، به احتمال زیاد تشکیل این لیستونیت‌ها بعد از دگرگونی آمیزه افیولیتی نهبندان در آخرین مراحل تصادم/ پس از تصادم کوهزاد شرق ایران بوده است. فقدان دگرشکلی و بافت‌های دگرگونی در لیستونیت‌های منطقه چاه بریش به‌همراه تشکیل آن‌ها در متاافیولیت‌های برشی شده کرتاسه می‌تواند موید این مطلب باشد. با توجه به شواهد موجود، کانه‌زایی مس در لیستونیت‌های سیلیسی و کربناتی-سیلیسی منطقه چاه بریش به احتمال ناشی از توده‌های گرانیتوییدی بوده که شواهد آن با دایک‌های آپلیتی و اپوفیزهای کوارتز-فلدسپاتیک شدیدا دگرسان شده شمال این منطقه تایید می‌شود. با توجه به شواهد موجود، مدل زایشی کانه‌زایی مس در لیستونیت‌های این منطقه را از نوع رگه‌ای اپی-ترمال تا مزوترمال می‌توان پیشنهاد نمود.

۶. نتیجه گیری

لیستونیت‌های شرق ایران در راستای پهنه‌های گسلی محصور کننده تراشه‌ها، عدسی‌ها و هورس‌های پریدوتیت‌های گوشته‌ای مجموعه-های آمیزه افیولیتی رتوک، نهبندان و خاش تشکیل شده‌اند. این پریدوتیت‌های عمدتا هاربورژیتی به‌طور جانبی به سرپانتینیت‌های کربناتی شده و لیستونیت‌ها تبدیل شده‌اند. لیستونیت‌های محدوده معدنی چاه بریش در شمال‌غرب زاهدان بر اساس محتوای کانی‌های سیلیسی، کربناته و درنتیجه ترکیب شیمیایی از قدیم به جدید به لیستونیت‌های کربناتی، سیلیسی-کربناتی و سیلیسی قابل تفکیک هستند. لیستونیت‌های کربناتی و کربناتی-سیلیسی اغلب توده‌های عدسی شکل با شیب نسبتا زیاد (حدود ۷۰-۷۵ درجه) به سمت شمال‌شرق را در پهنه‌های برشی توسعه یافته در متاهارزبورژیت‌ها یا مرز تماس آن‌ها با مجموعه فلیش دگرگون شده کرتاسه-ائوسن (مجموعه خاش) تشکیل داده‌اند. این لیستونیت‌ها به‌عنوان فراوان‌ترین لیستونیت‌های منطقه چاه بریش میزبان عدسی‌ها و رگه‌های لیستونیت سیلیسی در بخش مرکزی خود هستند. لیستونیت‌های کربناتی و کربناتی-سیلیسی عمدتا از کانی‌های کلسیت، دولومیت، منیزیت، کوارتز، سرپانتین به‌همراه کانی‌های سولفیدی پیریت و کالکوپیریت در راستای پهنه گسلی نصرت‌آباد تشکیل شده‌اند. کانی‌زایی

---

[8] Cryptocrystalline
[9] Sequestration
[10] Fluid-mobile element pattern
[11] Explusion
[12] Slab-mantle interface

Cu-Fe کربناتی-سیلیسی با کوولیت، کالکوسیت، بورنیت، دیژنیت؟، مالاکیت، آزوریت، گوتیت و هماتیت مشخص می‌شود. لیستونیت-های سیلیسی رگه‌های مسطح ناپیوسته‌ای، اغلب با بافت کولوئیدال دگرشکل نشده را در بخش مرکزی لیستونیت‌های کربناتی و کربناتی-سیلیسی میزبان سولفیدهای مس و آهن (کالکوپیریت و پیریت) داده‌اند. علاوه بر لیستونیت‌ها، کانه‌زایی مس در رگه-رگچه‌های سیلیسی (کوارتز چندبلوری؟) که این لیستونیت‌ها را قطع کرده‌اند (*65/304*) نیز گزارش می‌شود. در برخی نقاط، رگه‌های تاخیری کربناته فاقد کانه‌زایی مس با موقعیت هندسی *78/310* تا *55/342* کمابیش به موازات رگه‌های سیلیسی فوق در این لیستونیت‌ها تشکیل شده‌اند.

دگرسانی‌های کربناتی، سیلیسی، لیمونیتی-هماتیتی و آرژیلیک در محدوده معدنی مورد مطالعه یافت می‌شود. فرآیند کربناتی شدن به احتمال طی مراحل متوالی سرپانتینیتی شدن و کربناتی شدن، با تشکیل تالک و منیزیت و نهایتا تجمع کانی‌های سیلیسی-کربناتی مانند کلسیت، دولومیت، کوارتز (لیستونیت) انجام شده است. دگرسانی سیلیسی به‌صورت سیلیس بی‌شکل همراه با سولفیدها (پیریت، کالکوپیریت، بورنیت) و رگه-رگچه های کوارتز چندبلوری در این لیستونیت‌ها دیده می‌شود. میانگین موقعیت هندسه این رگه‌های سیلیسی (*55/073*) با عدسی‌ها و رگه‌های لیستونیت سیلیسی حاوی سولفیدهای مس (*65/304*) متفاوت است. دگرسانی لیمونیتی-هماتیتی به‌طور گسترده‌ای لیستونیت‌های این محدوده را تحت تاثیر قرار داده است، به‌طوری‌که سبب رنگ غالب قرمز قهوه‌ای تا زرد متمایل به نارنجی به‌ویژه در این لیستونیت‌ها شده است.

بر اساس این پژوهش، کانه‌زایی مس در عدسی‌ها و رگه‌های لیستونیتی محدوده معدنی چاه بریش در دوپلکس ترافشارشی راستالغز راست‌بر نصرت‌آباد با راستای غالب *NNW-SSE* انجام شده است. بنابر شواهد کینماتیک، این ساختار در راستای شاخه‌ای از گسل نصرت‌آباد (*70/056*) با سازوکار غالب معکوس با مولفه راستالغز راست‌بر تشکیل شده است. این کانه‌زایی مس به احتمال ناشی از توده-های گرانیتوییدی بوده که به‌داخل مجموعه خاش تزریق شده اند. شواهد این ماگماتیسم با دایک‌های آپلیتی و اپوفیزهای کوارتز-فلدسپاتیک شدیدا دگرسان شده شمال محدوده تایید می‌شود. بر اساس شواهد موجود، مدل زایشی کانه‌زایی مس در لیستونیت‌های این منطقه از نوع رگه‌ای اپی‌ترمال تا مزوترمال پیشنهاد می‌شود.

منابع

[1] Aftabi, A., Zarrinkoub, M.H., 2013. Petrogeochemistry of listvenite association in metaophiolites of Sahlabad region, eastern Iran: Implications for possible epigenetic Cu-Au ore exploration in metaophiolites. Lithos 156–159, 186–203.
[2] Monazzami Bagherzadeh, R., Mirnejad, H., Eshback, P., Karimpour, M.H., 2013. Investigation of Au-Bearing listvenite using mineralogy, geochemistry, fluid inclusion and stable isotopes (oxygen, carbon and sulfur) in ophiolite- mélange zone of East Iran (Hangaran area, south Birjand). Scientific Quarterly Journal of Geosciences 22, 131–144. (in Persian with English abstract)
[3] Halls, C., Zhao, R., 1995. Listvenite and related rock-perspectives on terminology and mineralogy with reference to an occurance at Cregganbaun, Co. Mayo, Republic of Ireland. Mineral Deposita 30, 303–313.
[4] Zoheir, B., Lehmann, B., 2011. Listvenite-lode association at the Barramiya gold mine, Eastern Desert, Egypt. Ore Geolology Review 39, 101–115.
[5] Boskabadi, A., Pitcairn, I.K., Leybourne, M.I., Teagle, D.A.H., Cooper, M.J., Hadizadeh, H., Nasiri Bezenjani, R., Monazzami Bagherzadeh, R. 2020. Carbonation of ophiolitic ultramafic rocks: Listvenite formation in the Late Cretaceous ophiolites of eastern Iran, Lothos, 352-353, 105307.
[6] Bagheri, S. and Daman-Gol, S.H., 2020. The eastern Iranian Orocline. Earth Science Review, 210, 1-43.
[7] Delavari, M., Amini, S., Saccani, E., Beccaluva, L., 2009. Geochemistry and petrogenesis of mantle peridotites from the Nehbandan Ophiolitic complex, Eastern Iran. Journal of Applied Sciences 9, 2671–2687.
[8] Saccani, E., Delavari, M., Beccaluva, L., Amini, S., 2010. Petrological and geochemical constraints on the origin of the Nehbandan ophiolitic complex (eastern Iran): Implication for the evolution of the Sistan Ocean. Lithos 117, 209–228.
[9] McCall, G.J.H., 1997. The geotectonic history of the Makran and adjucent area of southern Iran. J. Asian Earth Sci. 15, 517–531
[10] McCall, G.J.H., 2002. A summary of the geology of the Iranian Makran. Geol. Soc. London. Spec. Publ. 195, 147–204.
[11] Eftekharnezhad, J., Behroozi, A., Saidi, A., 1995. Geological Quadrangle Map of Zahedan. Tehran, Geological Survey of Iran (scale 1:250,000).
[12] Bertrand Meyer, M., Le Dortz, K., 2007. Strike-slip kinematics in Central and Eastern Iran: Estimating fault slip-rates averaged over the Holocene. Tectonics, 26, TC5009.

Eftekharnezhad, J., Behroozi, A., Saidi, A., 1995. Geological Quadrangle Map of Zahedan. Tehran, Geological Survey of Iran (scale 1:250,000)

[13] Auclair, M., Gauthier, M., Trottier, J., Jebrak, M., Chartrand, F., 1993. Mineralogy, geochemistry, and paragenesis of the Eastern Metals serpentinite-associated Ni-Cu-Zn deposit, Quebec Appalachians. Economic Geology 88,123–138.
[14] Akbulut, M., Piskin, O., Karayigit, A.I., 2006. The genesis of the carbonatized and silicified ultramafics known as listvenites: a case study from the Mihalıccık region (Eskisehir), NW Turkey. Geological Journal 41, 557–580.
[15] Sazanov, V.N., 1975. Listvenitization and Mineralization, Russian Academy of Sciences (Listvenitizaciya orudeneniye). Izdatelistvo Nauka, Science Publishers, Moskova.