

Research Article**Geology and geochemistry of the Shurab Kabir Mn mineralization, north Shahrekord, Sanandaj-Sirjan Zone**Maryam Ahankoub^{1*}, Farimah Ayati¹, Atefeh Mohamadi¹

1- Department of Geology, Faculty of Science, Payame Noor University, Iran

Keywords: Mn mineralization, Hydrothermal, Shurab Kabir, Shahrekord, Sanandaj-Sirjan, Iran**1- Introduction**

Shurab Kabir Mn occurrence, 60km northeast of Shahrekord, is located in the Sanandaj–Sirjan zone. Manganese deposits occur in various tectonic settings, with ore deposits associated with ophiolites and continental sedimentary sequences. These deposits can be divided into three types based on mineralogy, geochemical composition and tectonic setting: (1) hydrogenous, (2) hydrothermal, and (3) diagenetic/biogenetic-bacterial deposits (Hein et al., 1997; Öksüz, 2011; Polgári et al., 2012). Since the Sanandaj-Sirjan zone is an intercontinental rift, magmatic and metamorphic phenomena are essential in forming mineral deposits (Hedayati Roshan, 2014). Ghorbani (2011) divides the Sanandaj-Sirjan zone into three parts from the perspective of economic geology and the distribution of deposits. The southern part includes deposits of chromium, iron, manganese, lead, zinc and copper, the middle part contains deposits of lead, zinc, silver, iron, manganese and gold, and the northern part due to the presence of iron, gold, antimony and aluminium ores are essential. The study area is located in the middle part of the Sanandaj-Sarjan zone, at the latitude of 32° 29.53' N and the longitude of 50° 59.443' E (Alavi, 2004; Fig. 1). The north of Shahrekord was investigated to identify anomalies of copper, gold, iron, cobalt, zirconium and lead (Hedayati Roshan, 2014). Also, Pb mineralization in the north of Shahrekord has been studied by (Ahankoub et al., 2018). Nasiri (2017) studied the Fe-Cu mineralization in the Hooreh area, north Shahrekord, but there is no report about Mn mineralization in this area. The present paper provides an overview of the geological framework, the mineralization characteristics, and the geochemical features of the Shurab Kabir Mn occurrence with an application for the ore genesis.

2- Materials and methods

A number of 73 samples of massive, layered and banded ores were collected in the field. In addition, 30 thin sections and 12 polished-thin sections from host rocks and mineralized samples were studied by conventional petrographic and mineralogical methods at the University of Payam-e-Noor of Shahrekord. In addition, XRF and ICP-MS analyzed the least-altered five samples for major and trace elements and REE compositions at Binalood laboratory, Tehran, Iran. Then all the data were processed and interpreted with GCDkit, Triplot and Excel software.

3-Results and discussion

The host rocks at the Shurab Kabir area consist of metamorphic rocks before Permian, Permian limestone and dolomite, Jurassic shale, marls, limestone, sandstone, conglomerate and volcanic rocks, Miocene-Pliocene limestone and Quaternary terraces. Mn mineralization at Shurab Kabir occurs as NW-SE- trending lens, veins and mass with different thicknesses of 3 to 5.5 meters with a length of more than 500 meters. The central part of mineralization is inside the marble units and metamorphosed dolomites, and the part is at the boundary of the layers.

* Corresponding author: Ahnakoub_m@yahoo.com

DOI: 10.22055/AAG.2021.36360.2193

Received 2021-01-10

Accepted 2021-08-30

Dominant alteration is carbonation and silicification in the study area. Primary mineralization consists of pyrolusite, psilomelane, and manganite with iron oxides and hydroxides formed by the hydrothermal fluid at the primary stage. Also, silica and calcite veins are formed in the later hydrothermal stage.

4- Conclusions

According to all data, Mn mineralization in the Shurab Kabir area is the hydrothermal type. Based on mineralograpy, pyrolusite, psilomelane, and manganite are the primary ore mineral, accompanied by minor pyrite, hematite, magnetite and goethite. Quartz and calcite are present as gangue minerals at Shurab Kabir. The ore minerals show disseminated laminated, banded, lenticular, massive vein-veinlet and replacement textures. The primitive mantle normalized REE pattern of samples indicates partial enrichment of LREE compared to HREE. Negative anomalies of Ce and Eu indicate the oxide and acidic nature of the hydrothermal fluids. Also, enrichment of Sr, Pb, La, Ba and depletion in Rb, Th, Nb, Ce, Zr, and Ti of the samples compared to the primary mantle refers to hydrothermal fluids. Therefore, based on the data, due to magmatic origin, Shurab Kabir Mn mineralization was formed by hydrothermal activity. Also, tectonic and deformation processes have influenced the morphology of the Mn mineralization in the study area.

Acknowledgment

The authors thank from research assistant of Payam-e-Noor University. Also, the authors thank Mr Daneshpour for his valuable cooperation. The Journal of Advanced Applied Geology reviewers and editors are also thanked for their constructive suggestions on manuscript improvement.

References

- Ahankoub, M., Keyvani, Z., Orangi, A.R., 2019. Investigation of lead mineralization in Jurassic deposits of Horeh (north of Shahrekord) using geochemistry fluids inclusion and geophysics data. *Advanced Applied Geology* 8, 66-76.
- Alavi, A., 2004. Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American Journal of Science* 304, 1-20.
- Ghorbani, M., 2012. Economic geology of Iran, mineral deposits and natural resources of Iran, 3rd edition, Springer. p. 522.
- Hedayati Roshan, M., 2014. Final report of the identification of mineral resources in Markadeh area (Chaharmahal and Bakhtiari province) with an area of 500 square kilometers, p. 348.
- Hein, J.R., Koschinsky, A., Halbach, P., et al., 1997. Iron and manganese oxide mineralization in the Pacific. In: Nicholson, K., Hein, J. R., Buhn, B., and Dasgupta, S., (eds.) *Manganese mineralization: Geochemistry and mineralogy of terrestrial and marine deposits*. Geological Society Special Publication, pp. 123–138.
- Mc Donough, W.F., Sun, S.S., 1995. Composition of the Earth. *Chemical Geology* 120, 223-253.
- Mucke, A., Dzigbodi Adjimah, K., Annor, A., 1999. Mineralogy, petrology, geochemistry and genesis of the Paleoproterozoic Birimian manganese formation of Nsuta/Ghana. *Mineralium Deposita* 34, 297-311.
- Nasiri, M., 2016. Geological study and origin of iron veins of Qaleh Mahdia mine, M.Sc. Thesis, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
- Öksüz, N., 2011. Geochemical characteristics of the Eymir (Sorgun-Yozgat) manganese deposit, Turkey. *Journal of Rare Earths* 29, 287–296.
- Polgári, M., Hein, J.R., Vigh, T., Szabó-Drubina, M., Fórizs, I., Bíró, L., Müller, A., Tóth, A.L., 2012. Microbial Processes and the Origin of the Úrkút manganese deposit, Hungary. *Ore Geology Reviews* 47, 87–109.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Ahankoub, M., Ayati, F., Mohamadi, A., 2022. Geology and geochemistry of the Shurab Kabir Mn mineralization, north Shahrekord, Sanandaj-Sirjan Zone. *Adv. Appl. Geol.* 12(3), 489-501

DOI: 10.22055/AAG.2021.36360.2193

url: https://aag.scu.ac.ir/article_17042.html?lang=en

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.



زمین شناسی و ژئوشیمی کانه‌زایی منگنز شوراب کبیر (شمال شرق شهرکرد)، زون سنندج-سیرجان

مریم آهنکوب*

استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، ایران

فریماه آیتی

دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، ایران

عاطفه محمدی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، ایران

*Ahnakoub_m@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۸

چکیده

کانسار منگنز شوراب کبیر، در ۶۰ کیلومتری شمال شرق شهرکرد، بخش میانی زون سنندج - سیرجان واقع شده است. قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقه شامل شیل، ماسه‌سنگ، آهک و دولومیت‌های دگرگون شده پرمین می‌باشند. واحدهای پرمین بواسطه عملکرد گسل‌های رانده بر روی واحدهای جوانتر، شامل واحدهای شیل، ماسه‌سنگ و کنگلومراهای با میان‌لایه‌های آندزیتی ژوراسیک رانده شده‌اند. کانه‌زایی درون واحدهای کربناته به صورت رگه‌ای، توده‌ای و داربستی رخ داده است. کانه‌زایی اغلب به صورت کانه‌های پیرولوویت، پسیلوملان، منگانیت و گوتیت، هماتیت، مگنتیت همراه با کلسیت و کوارتز می‌باشد. دگرسانی‌های موجود در منطقه کربناتی و سیلیسی می‌باشند. الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی با گوشته اولیه دال بر آنومالی منفی Ce بواسطه محیط اکسیدان و اسیدی، و آنومالی منفی ضعیفی از Eu بواسطه فاصله‌گیری سیال گرمایی از منشاء می‌باشد. در الگوی بهنجار شده عناصر جزئی نمونه‌های مطالعه شده به گوشته اولیه، غنی‌شدگی از Ba, La, Sr, Pb و تهی‌شدگی از Ti, Nb, Rb, Ce, Nb قابل مشاهده است. کلیه داده‌های صحرایی، میکروسکوپی و ژئوشیمیایی دال بر دخالت سیالات گرمایی در تشکیل کانسار شوراب کبیر می‌باشد.

کلمات کلیدی: کانه‌زایی منگنز، گرمایی، شوراب کبیر، شهرکرد، زون سنندج - سیرجان، ایران

مقدمه

گرمایی به طور مستقیم از محلول‌های گرمایی دما پایین نهشته می‌شوند (Hein et al., 1997; Ingram et al., 1990) و اغلب به صورت استراتی‌بند و لامینه یا توده‌ای نامنظم و رگه‌های ای‌ترمال رخنمون دارند. آنها در محیط‌های قدیمی و جوان دریای مجاور با مراکز گسترش کف اقیانوسی، یا سی‌مونت‌های درون صفحه‌ای، و یا جزایر قوسی مرتبط با فرورانش رخ می‌دهند (Roy, 1997, 1992). نهشته‌های دیاژنزی یا باکتریال به صورت نودولها و رسوب از محلول‌های هیدروترمال یا آبهای منفذی تشکیل می‌شوند. این نهشته‌ها معمولاً مرتبط با اکسیداسیون مواد آلی بوده و کانسارهای کربنات - منگنز را تشکیل می‌دهند (Polgári et al., 2012; Öksüz, 2011). البته در برخی مواقع نهشته‌های منگنز، بواسطه ترکیبی از هر سه تیپ فوق تشکیل می‌شوند (Khan et al., 2020).

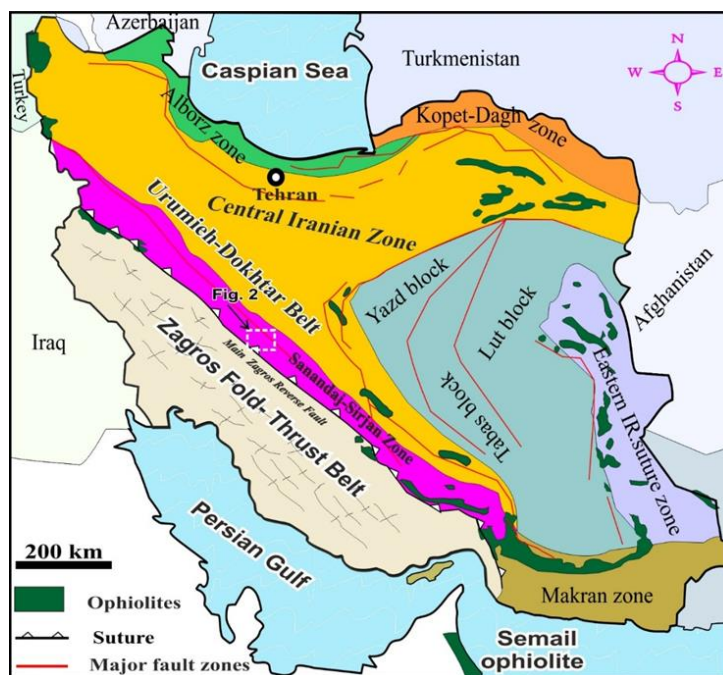
برخلاف نهشته‌های هیدروژنوس، نهشته‌های هیدروترمال و دیاژنتیک دارای مقادیر بالای از نسبت Mn/Fe و مقادیر پایین عناصر جزئی هستند (Hein et al., 199). اگرچه نهشته‌های دیاژنتیک و گرمایی مشابه هستند در برخی موارد، این دو تیپ، بر اساس مورفولوژی، موقعیت تکتونیکی، و نرخ رشد از یکدیگر تشخیص داده می‌شوند

منگنز یکی از عناصر با ارزشی است که دارای مصارف متنوعی در صنایع فولاد، پوشش‌های مقاوم، کودهای شیمیایی، رنگ، لعاب، صنایع رنگ‌سازی و پزشکی می‌باشد. نهشته‌های منگنز در طیف وسیعی از محیط‌های تکتونیک دیده می‌شوند (Khan et al., 2020). این نهشته‌ها همراه با افیولیت‌ها، توالی‌های رسوبات قاره‌ای دیده می‌شوند (Khan et al., 2020). نهشته‌های منگنز بر اساس ترکیب کانی‌شناسی، وضعیت ژئوشیمیایی و محیط تکتونیک به سه گروه (۱) هیدروژنوس، (۲) گرمایی، (۳) رسوبات دیاژنتیک / بیوژنتیک - باکتریایی تقسیم می‌شوند (Polgári et al., 2012; Oksuz, 2011; Hein et al., 1997). نهشته‌های هیدروژنوس به صورت پوسته‌های فرومنگنز به طور آهسته از آب دریا بروی کف دریا تشکیل می‌شوند. این نهشته‌ها معمولاً تهی از منگنز و غنی از آهن هستند (Oksuz, 2011; Jach and Dudek, 2005). در این نهشته‌ها نسبت Mn/Fe پایین (تقریباً ۱) و دارای مقادیر بالای عناصر جزئی، و مقادیری نیکل و کروم هستند (Hein et al., 1997, 1996; Usui and Someya, 1997; Ingram et al., 1990; Toth, 1980). در حالیکه نهشته‌های

Kosari 59.443' شرقی واقع شده است (شکل ۱). طی مطالعات (۱۹۹۰)، پهنه شمال شهرکرد مورد پی‌جویی فلزات پایه قرار گرفت و ناهنجاری‌های مس، طلا، آهن، کبالت، زیرکونیم و سرب شناسایی شد. در سال ۲۰۱۴ شرکت ایمیدرو در طی بررسی‌های مقدماتی به ارایه گزارشی در خصوص فازهای فلزی با ارزش در شمال شهرکرد اشاره کرده است و از آن به عنوان یکی از مهمترین مناطق پتانسیل‌دار فلزات با ارزش ایران نام برده است که توسط سازمان زمین‌شناسی بلوک شده است. Nasiri (۲۰۱۶) به مطالعه کانه‌زایی Cu-Fe در منطقه هوره، شمال شهرکرد پرداخته است. کانه‌زایی سرب در شمال شهرکرد توسط (Ahankoub et al., 2018) مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجایی که تاکنون در خصوص ویژگی‌های زمین‌شناسی و کانی‌شناسی و نیز کانه‌زایی منگنز در این محدوده مطالعه نشده است، لذا در این پژوهش، سعی بر آن است که ویژگی‌های زمین‌شناختی، کانه‌زایی، کانی‌شناختی، ساخت و بافت ماده معدنی مورد بررسی قرار گرفته و نوع کانه‌زایی و چگونگی تشکیل آن مشخص گردد.

(Kuhn et al., 1998). تاکنون گزارشی مبنی بر رخداد کانه‌زایی منگنز از زون سنندج - سیرجان گزارش شده‌اند (Kazemi rad et al., 2014; Nabatian et al., 2015; Bonyadi and ghorbani, 2015; Moin Waziri, 2019; Naderi et al., 2020). از آنجایی که زون سنندج - سیرجان نوعی کافت درون قاره‌ای می‌باشد (Azizi and stern, 2020)، تکاپوهای ماگمای و پدیده‌های دگرگونی، فاکتور مهمی در ایجاد نهشته‌های معدنی می‌باشد (Hedayati Roshan, 2014).

Ghorbani (۲۰۱۱) از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی و پراکندگی کانسارها، زون سنندج - سیرجان را به سه بخش تقسیم می‌کند. بخش جنوبی شامل کانسارهای کروم، آهن، منگنز، سرب، روی و مس، بخش میانی دارای کانسارهای سرب، روی، نقره، آهن، منگنز و طلا و بخش شمالی به واسطه حضور کانسارهای آهن، طلا، آنتیمون و کانه‌های آلومینیم‌دار دارای اهمیت می‌باشد. منطقه مطالعاتی در بخش میانی زون سنندج - سیرجان (Alavi, 2004) و در ۶۰ کیلومتری شمال شرق شهرکرد در موقعیت عرض جغرافیایی 29.53' 32° شمالی و طول 50°



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی واحدهای ساختاری کمربند کوهزایی زاگرس (Shabanian et al., 2018).

Fig. 1. Schematic geological map of the structural units of Iran Zagros orogenic belt (Shabanian et al., 2018). Location of the study area is shown on the map.

نتایج داده‌ها با نرم‌افزارهای GCDKIT، Triplot و اکسل پردازش شده و مورد تفسیر قرار گرفتند.

زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه

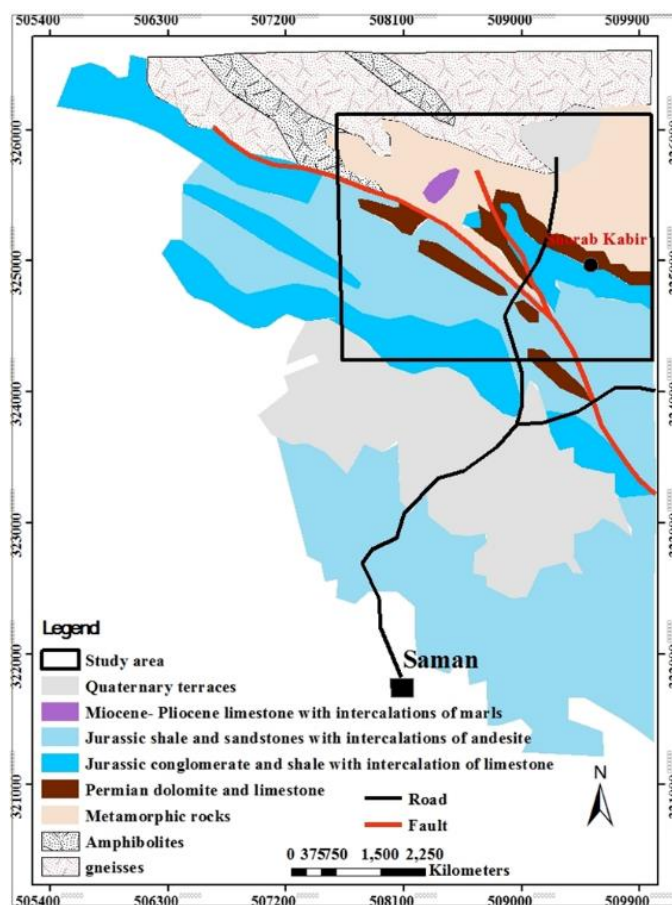
منطقه شوراب کبیر در شمال شهرکرد و در بخش میانی زون سنندج - سیرجان واقع شده است. این زون بخشی از کمربند کوهزایی زاگرس و ماحصل باز و بسته شدن اقیانوس نئوتتیس می‌باشد

روش تحقیق

بدنبال مطالعات صحرائی، ۷۳ نمونه سالم و دگرسان نشده برداشت و از بین آنها ۳۰ نمونه مقطع نازک و ۱۲ بلوک صیقلی تهیه شد و با میکروسکوپ الیمپوس دو منظوره (نور عبوری و انعکاسی) مورد مطالعه قرار گرفت. سپس از بین نمونه‌ها، ۵ نمونه کانی‌سازی جهت تجزیه ICP-AES به آزمایشگاه سنگ‌شناسی بینالود، تهران فرستاده شد.

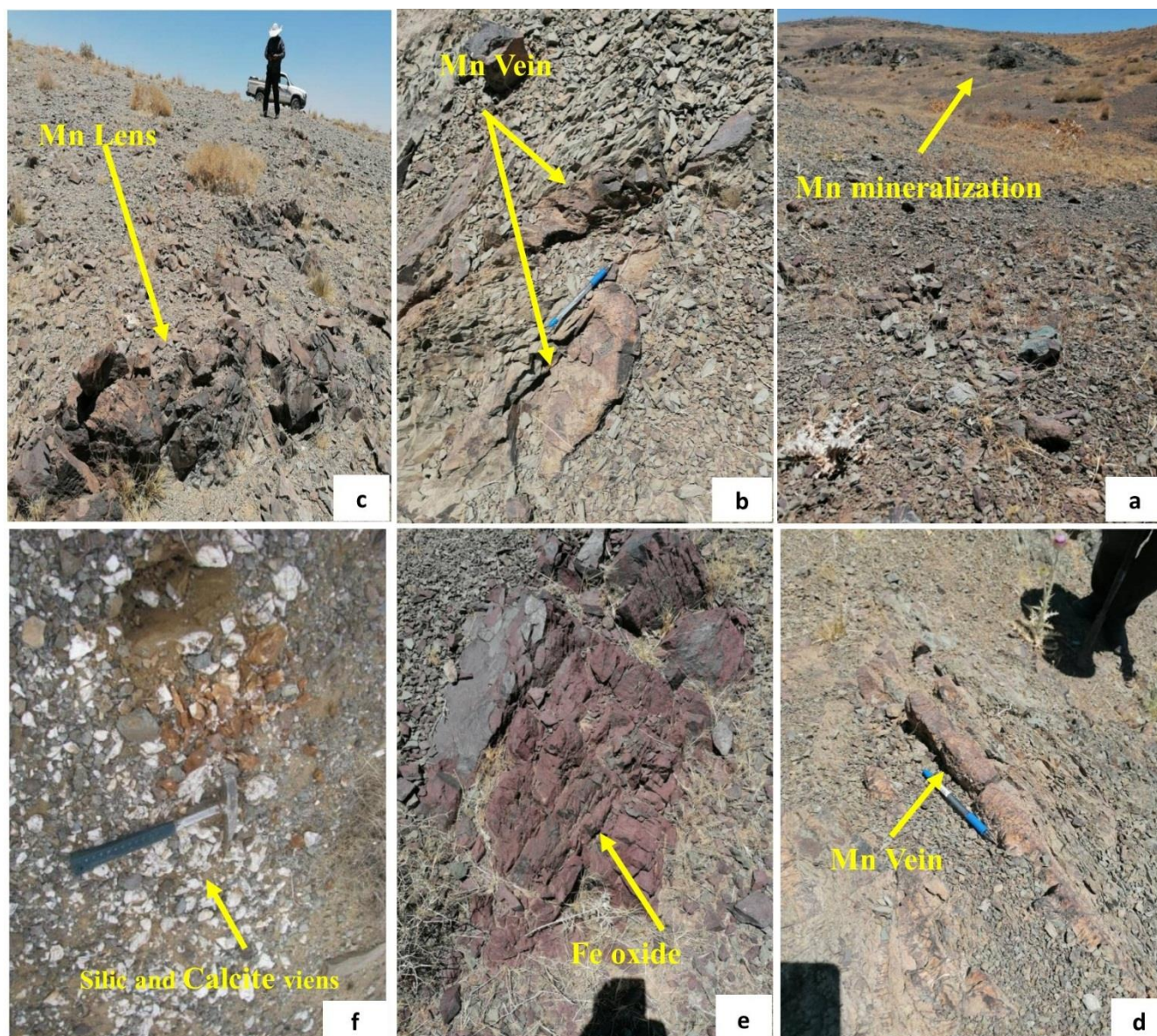
فلدسپار می‌باشند که دارای تورق و برگواری مشخص و بافت گرانوبلاستیک تا لپیدوبلاستیک هستند. دولومیت‌ها و آهک‌های مرمری شده در منطقه با گسترش بیشتر، به صورت توده‌ای رخنمون دارند (شکل ۳c). این سنگ‌ها میزبان کانه‌زایی منگنز در منطقه می‌باشند و با لایه‌های مجاور مرز گسله دارند. فابریک این سنگ‌ها گرانوبلاستیک می‌باشد. در برخی قسمت‌ها، کانه‌های منگنز برنگ قهوه‌ای متمایل به قرمز در میان شیل‌های سبز رنگ با دگرگونی ضعیف مشاهده می‌شوند (شکل ۳c). دگرسانی شیل‌های غنی از منگنز سبب استحکام سنگ‌های کانه‌دار منگنز شده است. سیستم درزه‌های منطقه توسط کلسیت‌های ثانویه پر شده و روند نهشت رسوبات از روند زاگرس مرتفع تبعیت می‌کند. در پایین دست محدوده مقدار منگنز بیشتر است و در بالا دست همراه با شروع دگرگونی‌های درجه ضعیف از مقدار آن کاسته می‌شود. رگه و رگچه‌های منگنز بصورت استوک‌ورک در سنگ‌های دربرگیرنده قرار دارند (شکل ۳d). علاوه بر منگنز، کانه‌زایی آهن نیز قابل مشاهده است به طوری که در برخی قسمت‌ها آغشتگی‌های سطحی از گوتیت در منطقه سطح نمونه را به رنگ قرمز تبدیل کرده است (شکل ۳e). همچنین رگه‌های تاخیری سیلیسی و کلسیت با جهت‌های متفاوت با ضخامت کمتر از یک متر و طول متغیر تا ۲ متر در منطقه رخنمون دارند (شکل ۳f).

Stöcklin (Davoudian et al., 2016). بر اساس مطالعات Stocklin and Nabavi (۱۹۷۳) توالی رسوبات از پالئوزویک تا عهد حاضر در این زون دیده می‌شود که بعضاً به واسطه فرایندهای تکنونیک، دگرشکل و دگرگون شده‌اند. در منطقه شمال شهرکرد، گزارشاتی مبنی بر حضور سنگ‌های آذرین، با ماهیت کالکوالکانل تا تولیتی، متعلق به موقعیت جزایر قوسی در ژوراسیک ارایه شده است (Mohamadi, 2019). با توجه به مطالعات صحرایی و تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱/۵۰۰۰ از منطقه مورد مطالعه، واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه عبارتند از، سنگ‌های دگرگون شده شامل مرمر ژوراسیک و نهشته‌های تراستی کواترنری می‌باشند (شکل ۲). مرز بین واحدهای قدیمی و جوان گسله می‌باشد. منطقه شوراب کبیر به دلیل قرارگیری در جنوب شرق کمپلکس دگرگونی شهرکرد رخنمون مناسبی از لایه‌های شیل اسلیتی و سیلت‌سنگ ژوراسیک مشرف به تراست زاگرس را نشان می‌دهد. تناوب شیل‌های آمونیت‌دار اسلیتی حاوی کنگرسیون‌های نامنظم منگنز با عیار بالا، با میان‌لایه‌های سیلت‌سنگ و آهکی، رخنمونی با ارتفاع حدودی ۵/۵ متر و شیب تقریبی ۳۰ درجه به سمت جنوب را ایجاد کرده‌اند (شکل ۳a و b). همچنین رخنمونی از منگنز درون سنگ‌های میزبان شیست دیده می‌شود (شکل ۳a) این سنگ‌ها اغلب به صورت موسکویت شیست تا شیست سبز با مجموعه کانی‌های موسکویت، بیوتیت، کلریت، کوارتز و



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه مورد مطالعه (Zahedi and Rahmati, 1995).

Fig. 2. Simplified geological map of Shurab Kabir (Zahedi and Rahmati, 1995)

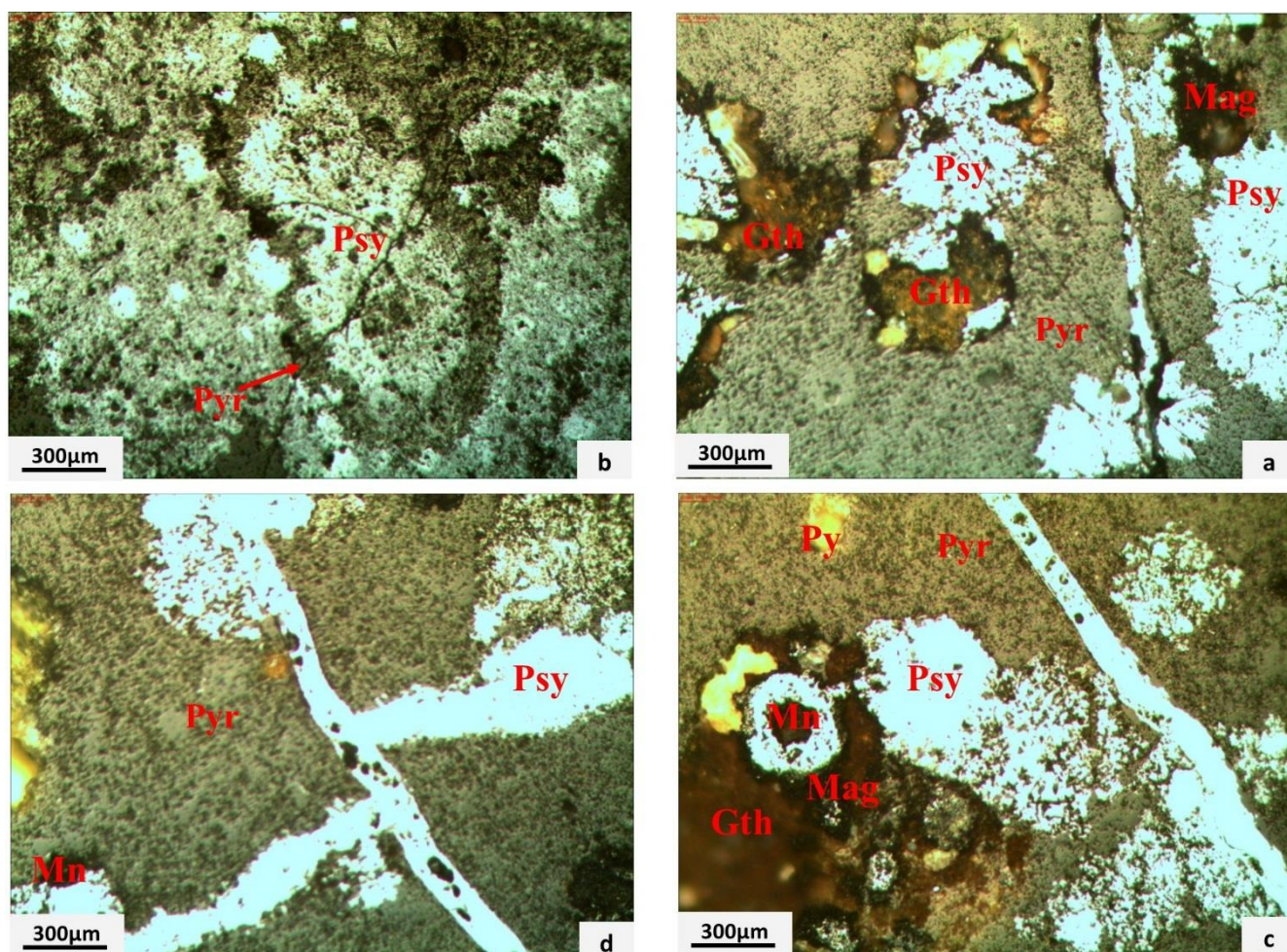


شکل ۳ - (a) رخنمون منگنز در سنگ‌های دگرگون شده شیستی، (b) رخنمون رگه‌های منگنز در شیل اسلیتی، (c) عدسی منگنز در سنگ‌های کربناته دگرگون شده، (d) رگه‌های منگنز در سنگ‌های کربناته، (e) آغشتگی سطحی آهن در کانسار منگنز و (f) رخنمون رگه‌های سیلیسی و کلسیت در منطقه شوراب کبیر.

Fig. 3. (a) Mn outcrop in metamorphic rocks of schist, (b) Mn veins in slate shale, (c) Mn lens in carbonate metamorphic rocks, (d) Mn vein in carbonate rocks, (e) Surface contamination of iron in Mn deposit, and (f) Silica and calcite viens in Shurab kabir area.

کربنات‌های گرمابی در طی مرحله اول تشکیل شده‌اند. در مرحله بعدی رگه و رگچه‌های کوارتزی - کربناتی و پیرولوژیت و پسیلوملان ثانویه شکل گرفته‌اند. کلسیت و کوارتز به عنوان باطله در این کانسار به شمار می‌آیند. کلسیت به صورت متوسط تا درشت‌بلور اغلب شکل‌دار تا بی‌شکل دیده می‌شود.

گویتیت مهمترین کانه فلزی بوده و به دو شکل، یکی به صورت بلورهای بی‌شکل توده‌ای همراه با هماتیت و دیگری به صورت آغشتگی‌های سطحی به رنگ قرمز قابل مشاهده می‌باشد. به نظر می‌رسد گویتیت از اکسیداسیون هماتیت تشکیل شده است. توالی پاراژنتیکی کانی‌ها در منطقه شوراب کبیر در جدول ۱ آورده شده است. کانی پیرولوژیت، پسیلوملان، منگانیت، گویتیت، مگنتیت، هماتیت و



شکل ۴- (a) کانی‌های پیرولوئیت، پسیلوملان، مگنتیت و پیریت، (b) پسیلوملان همراه با پیرولوئیت، (c) منگانیت، پیرولوئیت، پسیلوملان و مگنتیت، (d) پیرولوئیت، پسیلوملان، پیریت و مگنتیت (Whitney and Evans, 2010).

Fig. 4. Minerals of pyrolusite, psilomelane, magnetite and pyrite, (b) psilomelane with pyrolusite, (c) Manganite, pyrolusite, psilomelane and magnetite, (d) Pyrolusite, psilomelane pyrite and magnetite (Whitney and Evans, 2010). Psy: Psilomelane, Mn: magnetite, Pyr: Pyrulosite, Py: Pyrite, Gth: Goethite.

جدول ۱- توالی پاراژنتیکی کانی‌ها در شوراب کبیر.

Table.1. Paragenesis of mineral association in Shurab Kabir.

	Mineralogy	Early stage	Late stage
Minerals	Pyrolusite	████████████████████	████████████████████
	Psilomelane	████████████████████	████████████████████
	Manganite	████████████████████	
	Hematite	████████████████████	████████████████████
	Goethite	████████████████████	████████████████████
	Magnetite	████████████████████	
Gangue	Quartz		████████████████████
	Calcite	████████████████████	████████████████████

ژئوشیمی

(Toth, 1980). در این نمودار، نمونه‌های کانسار منگنز شوراب کبیر در گستره کانسارهای گرمابی قرار می‌گیرد (شکل b5). نسبت MnO/Fe_2O_3 یکی از نسبت‌های مهم جهت تفکیک کانسارهای منگنز با خاستگاه گرمابی از نهشته‌های هیدروژنوس می‌باشد (Rogers et al., 2001; Jach and Dudek, 2005). در نهشته‌های گرمابی نسبت MnO/Fe_2O_3 بیشتر از ۰/۱ تا مقادیر کمتر از ۱۰ در تغییر می‌باشد (Nicholson, 1992; Jach and Dudek, 2005). این نسبت در نمونه‌های شوراب کبیر ۱/۹-۳/۱ می‌باشد. ترسیم داده‌ها در نمودار سه‌تایی $Fe-Mn-(CO+CU+Ni)*10$ تفکیک کننده کانسارهای رسوبی دریایی و گرمابی آهن و منگنز (Bonatti, 1975; Hein et al., 1992)، دال بر گرمابی بودن نمونه‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد (شکل c6). در نمودار سه‌تایی $Zn-Co-Ni$ که جهت تفکیک کانسارهای منگنز آب‌زاد از گرمابی استفاده می‌شود (Choi and Hariya, 1992). نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در محدوده گرمابی قرار می‌گیرند (شکل d5). برای تعیین منشأ عناصر جزئی در کانسار منگنز، از نمودار سه تایی $MO - (Cu+Zn) + (Ni+Cr)$ استفاده می‌شود (Hein et al., 1994). مقادیر نیکل و کروم به سنگ‌های الترامافیک، مقادیر مس و روی به کانی‌های سولفیدی، و مقادیر مولیبدن به سنگ‌های اسیدی و حد واسط محیط‌های کم‌انرژی اشاره می‌کند. نمونه‌های کانسار منگنز شوراب کبیر در محدوده $Cu + Zn$ قرار می‌گیرند که به چرخش سیالات دما بالا در بخش‌های زیرین، و شسته شدن عناصر از کانی‌های سولفیدی اشاره می‌کند (Hein et al., 1994) (شکل e5).

نتایج آنالیز ژئوشیمیایی ۵ نمونه از کانسار منگنز مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده‌اند. اکسیدهای اصلی جهت تفکیک محیط‌های زمین‌شناسی مختلف به کار می‌روند (Crerar et al., 1982; Polgari et al., 2012; Zarasvandi et al., 2013). محتوای CaO در نمونه ماده معدنی منگنز شوراب کبیر بین ۰/۲۶ تا ۱۰/۶۸ و در ماده نمونه‌های کربناتی معدنی ۲۶/۳۵ می‌باشد. میزان SiO_2 در نمونه‌ها بین ۱۶/۷۱-۴۸/۲۵ متغیر می‌باشد که بیشترین مربوط به نمونه‌های حاوی دگرسانی سیلیسی می‌باشد. محتوای MnO در نمونه‌های کانسار شوراب کبیر بین ۳۶/۰۸-۳۱/۵ می‌باشد. مقادیر Fe_2O_3 بین ۱۶/۸۴-۱۰/۴۵ می‌باشد که بالاترین مقدار مربوط به نمونه‌های گوتیتی و مگنتیت‌دار می‌باشد. همچنین مقادیر P_2O_5 در نمونه‌ها بین ۰/۱۲ تا ۰/۳۷ می‌باشد. نمودار $(wt\%) SiO_2$ در مقابل $(wt\%) Al_2O_3$ برای تفکیک کانسارهای با منشأ مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (Toth, 1980). در کانسارهای گرمابی، عمدتاً ژلهای سیلیسی آهن‌دار تشکیل می‌شوند بنابراین نسبت SiO_2 به Al_2O_3 بالاتر است در حالیکه کانسارهای با منشأ تخریبی از نسبت SiO_2 به Al_2O_3 بالای برخوردار هستند (Roy, 1992; Mucke et al., 2001; Holtstam and Mansfeld, 2001). نسبت SiO_2/Al_2O_3 در نمونه‌های کانسار منگنز شوراب کبیر > ۱.۳ می‌باشد که مشابهت زیادی با کانسارهای گرمابی دارد. در نمودار SiO_2 vs. Al_2O_3 نمونه‌ها در محدوده کانسارهای گرمابی قرار می‌گیرند (Crerar et al., 1982) (شکل a5). نمودار دوتایی Co/Zn در مقابل $Co + Cu + Ni$ برای تفکیک کانسارهای منگنز گرمابی بکار می‌رود

جدول ۲- نتایج تجزیه ژئوشیمیایی عناصر اصلی، جزئی و کمیاب نمونه‌های منطقه شوراب کبیر.

Table.2. Geochemical data of major, trace and rare earth elements for samples of the Shurab Kabir.

Sample	Shurab1	Shurab 3	Shurab 8	Shurab9	Shurab 12
SiO_2 (wt%)	43.39	16.91	32.66	48.25	41.44
TiO_2	0.57	0.1	0.2	0.4	0.18
Al_2O_3	1.08	1.28	0.89	0.51	0.41
Fe_2O_3	12.36	16.84	17.8	10.45	12.72
MnO	33.13	36.08	34.03	33.43	31.5
MgO	3.34	1.18	1.82	1.19	1.74
CaO	0.75	26.35	10.14	0.26	10.68
Na_2O	1.76	0.37	0.27	0.5	0.28
K_2O	1.24	0.32	1.21	2.48	0.59
P_2O_5	0.12	0.37	0.34	0.18	0.31

Table 2. *Continued.*

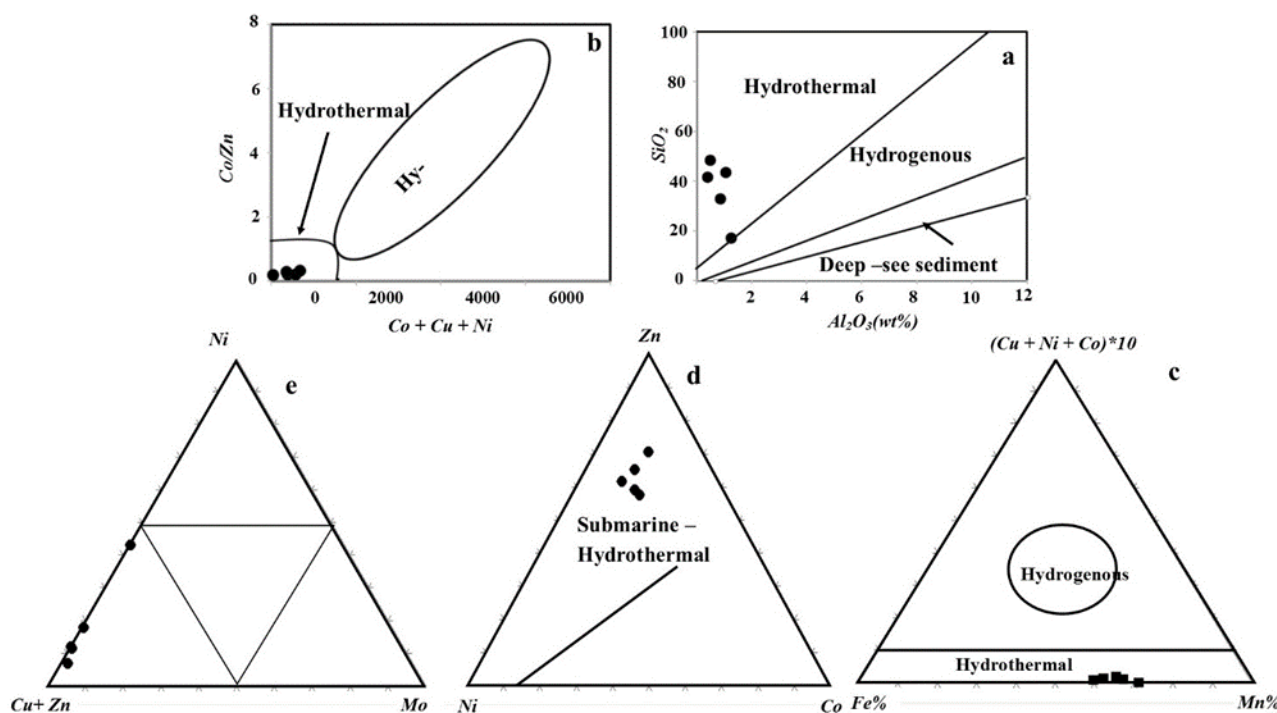
جدول ۲- ادامه.

LOI	2.26	2.31	1.94	1.34	3.77
Total	100	102.11	101.3	98.99	103.62
MnO/Fe ₂ O ₃	2.68	2.14	1.91	3.20	2.48
Ba (ppm)	247.4	238.9	305.3	255.2	216.1
Rb	8.5	3.9	3.7	2.9	2.8
Sr	1201	1123	1385	879	953
Zr	2	1	1	2	2
Nb	0.8	0.7	0.8	0.5	0.5
Ni	27	29	64	25	67
Co	17	28	43	11	52
Zn	83	138	155	58	162
Cr	32	21	26	23	25
La	50.9	75	89	21	83
Ce	30	42	39	33	45
Pr	14.45	18.1	19.3	6.8	18.9
Nd	60.28	83.1	85.3	24.5	84.7
Sm	11.12	18.4	19.8	4.27	19.4
Eu	2.81	3.1	3.5	0.95	3.2
Gd	11.67	18.6	19.2	9.39	18.9
Tb	1.82	2.1	2.6	1.53	2.5
Dy	10.74	10.2	11.1	6.7	10.8
Ho	1.93	2.8	3.1	1.51	2.8
Er	5.62	7.3	8.2	3.27	8.1
Tm	0.97	1.3	1.2	0.45	0.97
Yb	4.86	7.1	8.8	3.17	8.3
Lu	0.71	0.91	0.98	0.36	0.93
Y	53.8	77.2	85.4	25.4	82.1
Cs	0.6	0.8	0.9	0.7	1
Sc	3.2	2.6	3.9	1.8	3.8
Th	0.05	0.17	0.19	0.06	0.1
V	46	32	58	23	53

Table 2. Continued.

جدول ۲- ادامه

Pb	2240	2510	2166	1968	1626
Mo	0.5	13.6	3.3	0.5	5.1
Cu	349	514	259	5	551
As	2	85.8	71.6	5.9	94.7
Sb	0.88	1.1	0.95	0.81	0.86
Ag	0.26	20	21.6	0.35	13.3



شکل ۵- ترسیم نمونه‌های کانسار منگنز شوراب کبیر در نمودار (a) SiO_2 vs. Al_2O_3 (Crerar et al., 1982)، (b) نمودار دوتایی Co/Zn vs. $Co + Cu + Ni$ (Toth, 1980)، (c) نمودار سه‌تایی $Fe - Mn - (Co + Cu + Ni) * 10$ (Bonatti, 1975)، (d) نمودار سه‌تایی $Zn - Ni - Co$ (Toth, 1980) و (e) نمودار سه‌تایی $MO - (Cu + Zn) - (Ni + Cr)$ (Hein et al., 1994).

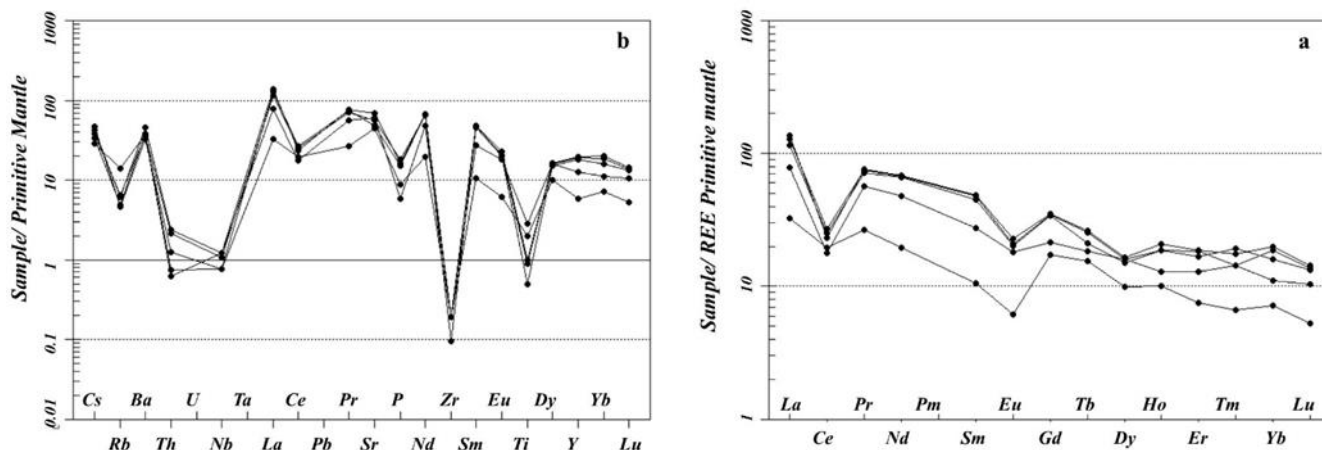
Fig. 5. Samples of Shurab kabir Mn mineralization in diagram, (a) SiO_2 vs. Al_2O_3 (Crerar et al., 1982), (b) binary diagram Co/Zn vs. $Co + Cu + Ni$ (Toth, 1980), (c) $Fe - Mn - (Co + Cu + Ni) * 10$ (Bonatti, 1975), (d) $Zn - Ni - Co$ (Toth, 1980), and (e) diagram $MO - (Cu + Zn) - (Ni + Cr)$ (Hein et al., 1994).

می‌دهد. در الگوی عناصر نادر خاکی، غنی‌شدگی از Ba, La, Sr, Pb دیده می‌شود. Niclson (۱۹۹۲) معتقد است غنی‌شدگی از این عناصر، شاخص کانسارهای گرمایی می‌باشد. همچنین در این الگو، تهی‌شدگی از Ti, Nb, Rb, Ce, Nb قابل مشاهده است. آنومالی منفی Ce در کانسار منگنز شوراب کبیر دال بر حضور سیالات کانه‌زا با ماهیت اکسیدان و اسیدی در منطقه می‌باشد (Heine et al., 1997). بی‌هنجاری منفی Ce از ویژگی‌های بارز کانسارهای گرمایی به شمار

غنی‌شدگی از $LREE$ نسبت به $HREE$ در الگوی بهنجار شده با گوشته اولیه (McDonough and Sun, 1995) دال بر دخالت سیالات گرمایی می‌باشد (شکل ۵a). الگوی تفریق عناصر $HREE$ نسبت به $LREE$ نسبتاً کم تا متوسط می‌باشد. الگوی عناصر نادر خاکی بهنجار شده به گوشته اولیه (McDonough and Sun, 1995) برای نمونه‌های منگنز شوراب کبیر در شکل ۵b نشان داده شده است. این الگو شباهت زیادی با الگوی نمونه‌های کربنات گرمایی نشان

منفی Eu می‌شود (Sabatino et al., 2011). این آنومالی به ترکیب سنگ‌های میزبان سیالات گرمایی بستگی دارد (Klinkhammer et al., 1994; Glasby, 1997). مقادیر کمتر از یک Eu/Eu^* بیانگر ماهیت گرمایی سیالات کانسار منگنز شوراب کبیر می‌باشد.

در نمونه‌های شوراب کبیر آنومالی منفی ضعیف Eu دخالت سیالات گرمایی را تایید می‌کند. آنومالی منفی Eu به ترکیب سنگ‌های که سیالات گرمایی آنها را تحت تاثیر قرار داده‌اند بستگی دارد (Klinkhammer et al., 1994). همچنین فاصله گرفتن سیال گرمایی از منشأ و جدایش تدریجی منگنز از سیال منجر به آنومالی



شکل ۶- (a) پراکندگی REE نمونه‌های شوراب کبیر، بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه (McDonough and Sun, 1995). (b) نمودار چند عنصری بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه برای نمونه‌های شوراب کبیر (McDonough and Sun, 1995).

Fig. 6. (a) Primitive mantle normalized REE patterns (McDonough and Sun, 1995) for the Shurab Kabir Samples, (b) Primitive mantle-normalized multi-elements patterns (McDonough and Sun, 1995) for the Shurab Kabir samples.

همچنین غنی‌شدگی Sr, Pb, La, Ba و تهی‌شدگی در Rb, Th, Nb, Ce, Zr, Ti نمونه‌های مورد مطالعه در مقایسه با گوشته اولیه به سیالات گرمایی اشاره دارد. تلفیق کلیه داده‌ها بدست آمده از نمونه‌های شوراب کبیر دال بر فعالیت‌های گرمایی با منشأ ماگمایی می‌باشد که توسط جریان‌های بالا رونده به سمت مناطق کم عمق حرکت کرده‌اند. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه یک پهنه برشی است، به نظر می‌رسد فرایندهای زمین‌ساختی و دگرشکلی در شکل‌گیری کانسار منگنز به صورت عدسی و رگه - رگچه‌ای دخالت داشته است.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه پیام نور تشکر و قدردانی می‌گردد. از جناب آقای مهندس دانشپور بواسطه همکاری ارزشمندشان، تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از سردبیر و داوران محترم مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته به خاطر راهنمایی‌های علمی ارزنده که منجر به غنای بیشتر مقاله حاضر گردیده است، کمال تشکر را داشته باشند.

نتیجه‌گیری

مطالعات انجام شده بروی کانسار منگنز شوراب کبیر، دال بر حضور کانی‌های پیرولوزیت، پسیلوملان، منگنیت به عنوان کانی‌های اصلی همراه با کانی‌های آهن‌دار مگنتیت، همتایت و گوتیت می‌باشد. همچنین کلسیت و کوارتز به عنوان کانی باطله در منطقه دیده می‌شوند. حضور سیلیس همراه با دولومیتها، و رگه‌های سیلیسی و کربناته دلالت به حضور سیلیس همراه با آهن و منگنز می‌باشد. آهن بیشتر به صورت هیدروکسید (گوتیت) رسوب کرده و سپس بدنبال دیاژنز و از دست دادن آب، همتایت شکل گرفته است. کانه‌زایی به صورت عدسی، رگه، رگچه و توده‌ای درون واحدهای رسوبی کربناته آهک، دولومیت و واحدهای دگرگون شده مرمر و شیست و در مرز لایه‌ها رخ داده است. بافت غالب کانه‌زایی به صورت گل کلمی، رگه - رگچه‌ای، خوشه‌ای، توده‌ای و جان‌شینی و بازماندی می‌باشد. الگوی عناصر نادر خاکی بهنجار شده با گوشته اولیه دال بر غنی‌شدگی جزئی LREE در مقایسه با HREE می‌باشد. آنومالی منفی Ce و Eu به دخالت سیالات گرمایی با ماهیت اکسیدی و اسیدی در شکل‌گیری کانسار منگنز دلالت دارد.

منابع

Ahankoub, M., Keyvani, Z., Orangi, A.R., 2019. Investigation of lead mineralization in Jurassic deposits of Horeh (north of Shahrekord) using geochemistry fluids inclusion and geophysics data. *Advanced Applied Geology* 8, 66-76.

- Alavi, A., 2004. Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American Journal of Science* 304, 1-20.
- Azizi, H., Stern, R.J., 2020. Reply to comment on "Jurassic igneous rocks of the central Sanandaj–Sirjan zone (Iran) mark a propagating continental rift, not a magmatic arc (Azizi and Stern, *Terra Nova*, 31, 415–423, 2019)" *Terra Nova* 32, 473-475.
- Bonatti, E., 1975. Metallogeneses of spreading centers. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 3, 401-431.
- Bonyadi, Z., Ghorbani, S., 2015. Mineralogical studies of Hanshek manganese iron ore, Fars province. 7th conference of Iranian Economic Geology Association.
- Choi, J.H., Hariya, Y., 1992. Geochemistry and depositional environment of Mn oxide deposits in the Tokoro belt, northeastern Hokkaido, Japan. *Economic Geology* 87, 1265-1274.
- Crerar, D.A., Namson, J., Chyi, M.S., Williams, L., Feigenson, M.D., 1982. Manganiferous cherts of the Franciscan Assemblage: I. General geology, ancient and modern analogues and implications for hydrothermal convection at oceanic spreading centers. *Economic Geology* 77, 519-540.
- Davoudian, A., Genser, J., Neubauer, F. and Shabanian, N., 2016. ⁴⁰Ar/³⁹Ar mineral ages of eclogites from North Shahrekord in the Sanandaj–Sirjan Zone, Iran: Implications for the tectonic evolution of Zagros orogen. *Gondwana Research* 37, 216–240.
- Ghorbani, M., 2012. *Economic Geology of Iran, mineral deposits and natural resources of Iran*, 3rd edition, Springer. P. 522.
- Glasby, G.P., 1997. Fractionation of manganese from iron in Archean and Proterozoic sedimentary ores. In: K. Nicholson, J.R. Hein, B. Buhn, and S. Dasgupta (Eds.), *Manganese mineralization: Geochemistry and mineralogy of terrestrial and marine deposits*. Geological Society of London, Special Publication 119, pp. 29-42.
- Hedayati Roshan, M., 2014. Final report of the identification of mineral resources in Markadeh area (Chaharmahal and Bakhtiari province) with an area of 500 square kilometers, pp. 348.
- Hein, J.R., Gibbs, A.E., Clague, D.A., et al., 1996. Hydrothermal mineralization along submarine rift zones, Hawaii. *Marine Georesources & Geotechnology* 14, 177–203.
- Hein, J.R., Koschinsky, A., Halbach, P., et al., 1997. Iron and manganese oxide mineralization in the Pacific. In: Nicholson, K., Hein, J. R., Buhn, B., et al., eds., *Manganese mineralization: Geochemistry and mineralogy of terrestrial and marine deposits*. Geological Society Special Publication 123–138.
- Hein, J.R., Schulz, M.S., Gein, L.M., 1992. Central Pacific cobalt rich ferromanganese crusts: Historical perspective and regional variability. In: Keating, B. H., Bolton, B. R., eds., *Geology and Offshore Mineral Resources of the Central Pacific Basin*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 261.
- Hein, J.R., Yeh, H.W., Gunn, S.H., Gibbs, A.E., Wang, C.H., 1994. Composition and origin of hydrothermal ironstones from central Pacific seamounts. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 58, 179–189.
- Holtstam, D., Mansfeld, J., 2001. Origin of a carbonate-hosted Fe-Mn-(Ba-As-Pb-Sb-W) deposit of Langban-type in central Sweden. *Mineralium Deposita* 36, 641-657.
- Ingram, B.L., Hein, J.R., Farmer, G.L., 1990. Age determinations and growth rates of Pacific ferromanganese deposits using strontium isotopes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 54, 1709–1721.
- Jach, R., Dudek, T., 2005. Origin of a Toarcian Manganese carbonate/silicate deposit from the Krížna Unit, Tatra Mountains, Poland. *Chemical Geology* 224, 136–152.
- Kazemi Rad, M., Rastad, I., Mohajjel, M., 2014. Mineralization of manganese iron in dolomites equivalent to Shatri Formation in the northeast of Dehbid, Sanandaj - South Sirjan, Fars province. *Crystallography and Mineralogy* 94, 369 – 382.
- Khan, M. A., Kakar, M. I., Ulrich, T., Ali, L., Kerr, A.d., Mahmood, K., Siddiqui, R.H., 2020. Genesis of manganese deposits in the Ali Khanzai block of the Zhob ophiolite, Pakistan: Inferences from geochemistry and mineralogy. *Science* 31, 884–895.
- Klinkhammer, G.P., Elderfield, H., Edmond, J.M. Mitra, A., 1994. Geochemical implications of rare earth element patterns in hydrothermal fluids from mid-ocean ridges. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 58, 5105-5113.
- Kosari, S., 1990. Geochemical explorations of the northern Shahrekord, geological survey and mineral exploration of Iran.
- Kuhn, T., Bau, M., Blum, N., et al., 1998. Origin of negative Ce anomalies in mixed hydrothermal-hydrogenetic Fe-Mn crusts from the Central Indian ridge. *Earth and Planetary Science Letters* 163, 207– 220.
- Mc Donough, W.F., Sun, S.S., 1995. Composition of the Earth. *Chemical Geology* 120, 223-253.
- Mohamadi, Z., 2019. Petrology and geochemistry of Ghasem abad magmatic rocks, Msc. thesis, Payam Noor University.

- Moin Waziri, H., 2019. Tavaklan manganese deposit in Kurdistan province: A rare process of manganese mineralization. *Crystallography and Mineralogy of Iran* 27, 411-422.
- Mucke, A., Dzigbodi Adjimah, K., Annor, A., 1999. Mineralogy, petrology, geochemistry and genesis of the paleoproterozoic Birimian manganese formation of Nsuta/Ghana. *Mineralium Deposita* 34, 297-311.
- Nabatian, Gh., Rastad, E., Neubauer, F., Honarmand, M., Ghaderi, M., 2015. Iron and Fe-Mn mineralisation in Iran: Implications for Tethyan metallogeny, *Australian Journal of Earth Sciences: An International Geoscience Journal of the Geological Society of Australia* 62, 211-241.
- Naderi, A., Nabatian, Gh., Honarmand, M., Kouhestani, H., 2020. Geology and genesis of Halab Mn deposit, SW Zanjan. *Geoscience Journal* 29, 207-218.
- Nasiri, M., 2016. Geological study and origin of iron veins of Qaleh Mahdia mine, Msc. thesis, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
- Nicholson, K., 1992. Contrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides: Guides to metallogenesis. *Economic Geology* 87, 1253-1264.
- Öksüz, N., 2011. Geochemical characteristics of the Eymir (Sorgun-Yozgat) manganese deposit, Turkey. *Journal of Rare Earths* 29, 287-296.
- Polgári, M., Hein, J.R., Vigh, T., Szabó-Drubina, M., Fórizs, I., Bíró, L., Müller, A. and Tóth, A.L., 2012. Microbial processes and the origin of the Úrkút manganese deposit, Hungary. *Ore Geology Reviews* 47, 87-109.
- Rogers, T.D.S., Hodkinson, R.A., Cronan, D.S., 2001. Hydrothermal manganese deposits from Tonga-Kermadec ridge and Lau Basin region, southwest Pacific. *Marine Georesources and Geotechnology* 19, 245-268.
- Roy, S., 1992. Environments and processes of manganese deposition. *Economic Geology* 87, 1218-1236.
- Roy, S., 1997. Genetic diversity of manganese deposition in the terrestrial geological record. In: Nicholson, K., Hein, J. R., Buhn, B., et al., eds., *Manganese mineralization: Geochemistry and mineralogy of terrestrial and marine deposits*. Geological Society of London Special Publication 119, 5-27.
- Sabatino, N., Neri, R., Bellanca, A., Jenkyns, H.C., Masetti, D. Scopelliti, G., 2011. Petrography and high-resolution geochemical records of lower Jurassic manganese-rich deposits from Monte Mangart, Julian Alps. *Petrography Palaeoclimatology Palaeoecology* 299, 97-109.
- Shabaniyan, N., Davoudian, A.R., Dong, Y., Liu, X., 2018. U-Pb zircon dating, geochemistry and Sr-Nd-Pb isotopic ratios from Azna-Dorud Cadomian metagranites, Sanandaj-Sirjan zone of western Iran. *Precambrian Research* 306, 41-60
- Stöcklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran: A review. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 52, 1229-1258.
- Stocklin, J., Nabavi, M.H., 1973. Tectonic Map of Iran 1:2,500,000. Geological Survey of Iran.
- Toth, J. R., 1980. Deposition of submarine crusts rich in manganese and iron. *Geological Society of America Bulletin* 91, 44-54.
- Usui, A., Someya, M., 1997. Distribution and composition of marine hydrogenetic and hydrothermal manganese deposits in the northwest Pacific. Geological Society, London, Special Publications 119, 177-198.
- Whitney, D.L., Evans, B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist* 95, 185-187.
- Zahedi, M., Rahmati -Ilkhchi, M., Vaezipour, J., 1992. Geological map of Shahrekord (1/250000). Geological Survey of Iran, Tehran Iran.
- Zarasvandi, A., Lentz, D., Rezaei, M., et al., 2013. Genesis of the Nasirabad manganese occurrence, Fars province, Iran: Geochemical evidences. *Geochemistry* 73, 495-508.