

بررسی توزیع ژئوشیمیایی عناصر Fe, Ti و P در کانسار تیتانیوم قره آغاج، شمال باختری ارومیه

علی امامعلی پور^۱؛ جعفر عبدالهی شریف^۲؛ میر صالح میرمحمدی^۳

۱-دکترای زمین شناسی اقتصادی، گروه مهندسی معدن دانشگاه ارومیه، a.imamalipour@mail.urmia.ac.ir

۲-دکترای مهندسی معدن، گروه مهندسی معدن دانشگاه ارومیه، J.a.sharif@mail.ru

۳-دکترای زمین شناسی (پترولوژی)، گروه مهندسی معدن دانشگاه تهران؛ m_mirsaleh@yahoo.com

چکیده

در این پژوهش، توزیع ژئوشیمیایی جانبی و عمودی اکسیدهای عناصر P, Fe, Ti و برخی عناصر کمیاب دیگر در کانسار تیتانیوم قره آغاج ارومیه مورد بررسی قرار گرفته است. توده ماگمایی قره آغاج از دو بخش اصلی شامل سنگهای اولترامافیکی کانه دار (با ترکیب ورلیتی) و مافیکی فاقد کانه (با ترکیب گابروبی) تشکیل شده است. بخش ورلیتی با کانه های اصلی ایلمنیت، مگنتیت، تیتانومگنتیت و آپاتیت کانسنگ تیتانیوم بشمار می آید. توزیع فراوانی اکسیدهای TiO_2 و Fe_2O_3 از خصلت نرمال و توزیع P_2O_5 از خصلت لاگ نرمال پیروی می کنند. میانگین عیار TiO_2 ، Fe_2O_3 (آهن کل) و P_2O_5 در نمونه های لیتوژئوشیمیایی به ترتیب ۸/۲۵، ۳۵/۳ و ۲ درصد به دست آمده است. برپایه ساختمان زمین شناسی و تغییرات عیار، کانسار به ۱۱ بلوک زمین شناسی تقسیم و توزیع ژئوشیمیایی عناصر در هر کدام از آنها به تفکیک بررسی شده است. بیشترین عیار میانگین TiO_2 ، با مقدار ۹/۴ درصد به بلوک های D, E و F که بخش قابل توجهی از توده کانسار را شامل می شوند، تعلق دارد. میانگین عیار TiO_2 ، Fe_2O_3 و P_2O_5 در جهت قائم توده کانسار به ترتیب ۸/۵۶، ۲۹/۸۶ و ۳/۷۳ درصد می باشد. این بررسی نشان می دهد که از نظر توزیع فراوانی عیار، تغییر زیادی در مقدار اکسیدهای اصلی تشکیل دهنده کانسنگ در جهات جانبی و عمقی (عمودی) وجود ندارد و از این رو کانسار مورد بررسی را می توان کانسار با ویژگی ژئوشیمیایی همسانگرد بشمار آورد. این نتیجه گیری می تواند در مدل سازی کانسار و نیز طراحی شبکه اکتشافی در مرحله اکتشافات تفصیلی مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: کانسار تیتانیوم، قره آغاج، ارومیه، توزیع ژئوشیمیایی، ایلمنیت، مگنتیت، تیتانومگنتیت

The Study of Geochemical Distribution of Ti, Fe and P in The Qareaghaj Titanium Deposit, Nw of Urmia

Abstract

in this research the horizontal and vertical geochemical distribution of oxides of P, F and Ti elements and also some rare elements are discussed in the Qareaghaj titanium deposit. Qareaghaj intrusion is mainly composed of ore-bearing ultramafic and non-mineralized mafic rocks.

The wherlitic portions with major minerals including ilmenite, magnetite, titanomagnetite and apatite are considered as ore. Abundance distribution of TiO_2 and Fe_2O_3 follows the normal, and the distribution of P_2O_5 follows the lognormal properties. The average contents of TiO_2 , Fe_2O_3 (total Fe) and P_2O_5 in lithochemical samples obtained 8.25%, 35.30% and 2% respectively.

Based on the geological structure and grade changes, deposit is divided into 11 geological blocks, and the geochemical distributions of elements are studied separately. The highest grade for TiO_2 is 9.40% that belongs to P, E and F blocks which have a plenty of deposit mass. The average contents of TiO_2 , Fe_2O_3 and P_2O_5 in vertical direction of ore body are 8.56%, 29.86% and 3.73% respectively.

This research indicates that grade distribution of elements is almost the same in major components for both horizontal and vertical ways. Therefore we can consider the deposit with isotropic geochemical characteristics. This conclusion can be used in modeling of deposit and also in designing of explorative grid in detailed exploration stage.

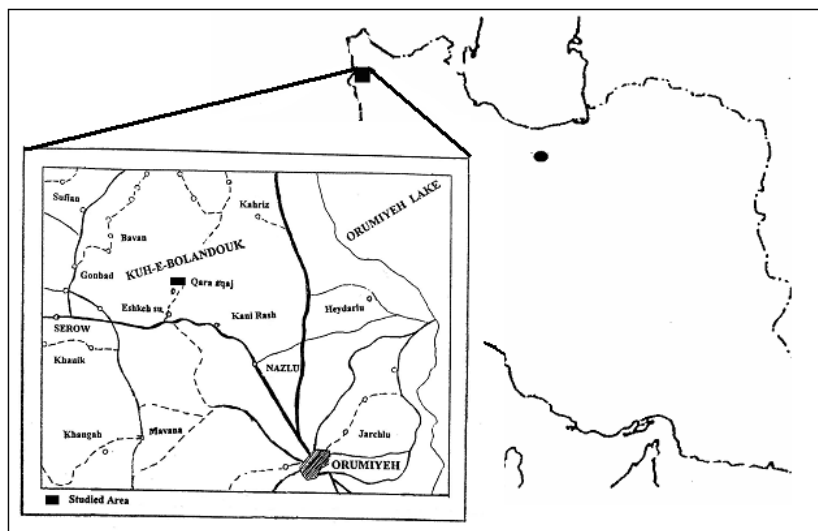
Keywords: Titanium deposit, Qareaghaj, Urmia, Geochemical distribution, Ilmenite, Magnetite, Titanomagnetite

۱- مقدمه

کانسار تیتانیوم - فسفات قره آجاج ارومیه در ۳۶ کیلومتری شمال باختر شهرستان ارومیه قرار دارد. دسترسی به آن از طریق جاده آسفالت ارومیه- سرو به طول ۲۵ کیلومتر و سپس جاده خاکی به طول ۱۱ کیلومتر پس از گذر از آبادیهای "اشکسوه" و "قره آجاج" امکان پذیر است (شکل ۱). این کانسار در نتیجه مطالعات زمین شناسی و پی جویی مواد معدنی در سال ۱۳۷۱ شناسایی شده است. بررسی های اکتشافی مقدماتی و نیمه تفصیلی طی سالهای ۱۳۷۸-۱۳۷۸ انجام شده و حفاری های اکتشافی در سال ۱۳۸۶ آغاز، و در حال حاضر نیز ادامه دارد. تهیه نقشه های زمین شناسی در مقیاس های ۱:۲۰۰۰۰، ۱:۱۰۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰؛ حفر ترانشه های اکتشافی، حفر گمانه های اکتشافی، مطالعات ژئوفیزیکی به روش مغناطیس سنجی، نمونه برداری سیستماتیک از کارهای اکتشافی و بررسی فرآوری مقدماتی (کانه آرایی) از جمله کارهای اکتشافی است که تاکنون انجام گرفته است. کانسار تیتانیوم قره آجاج بزرگترین ذخیره معدنی تیتانیوم شناخته شده در کشور است و افزون بر ۲۰۰ میلیون تن کانسنگ تیتانیوم در این کانسار برآورد شده است [۱]، [۲].

در این پژوهش، توزیع ژئوشیمیایی جانبی و عمودی اکسیدهای عناصر P, Fe, Ti و برخی عناصر کمیاب دیگر بر پایه تعداد ۴۳۰ نمونه لیتوژئوشیمیایی برداشت شده از کارهای اکتشافی سطحی و عمقی مورد بررسی قرار گرفته است تا ضمن به دست آمدن شاخص های ژئوشیمیایی عناصر یاد شده، به برخی سوال ها در مورد چگونگی ادامه مطالعات اکتشافی و از جمله طراحی شبکه بهینه اکتشافی پاسخ داده شود.

در این پژوهش از نتایج تعداد ۴۳۰ نمونه برداشته شده از تعداد ۱۱ ترانشه اکتشافی (پروفیل های ژئوشیمیایی) و تعداد دو حلقه گمانه اکتشافی استفاده شده است. آنالیز شیمیایی نمونه ها به روش XRF در سازمان زمین شناسی کشور و دانشگاه وهان کشور چین انجام گرفته است. آنالیز شیمیایی تمام نمونه ها برای اکسیدهای اصلی انجام گرفته است، فزون بر آن تعداد ۱۸ نمونه علاوه بر اکسیدهای اصلی برای عناصر کمیاب (آنالیز ۳۴ عنصری) تجزیه شده اند. برای تعیین میزان خطای آزمایشگاهی از نتایج آنالیز نمونه های تکراری استفاده شده است. خطای آزمایشگاه در آنالیز نمونه ها برای اکسیدهای اصلی کمتر از ۵ درصد بوده است. در بررسی های ژئوشیمیایی از روش های آماری کلاسیک و زمین آماری استفاده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی کانسار تیتانیوم قره آجاج

۲- زمین شناسی کانسار

منطقه قره آجاج از نظر ساختاری در زون خوی-مهباد واقع است و بخشی از پلاتفرم باختر دریاچه ارومیه را شامل می شود. پلاتفرم باختر دریاچه ارومیه از نظر ساختاری باختری ترین بخش زون ایران مرکزی به شمار می آید. وجود پی سنگ پرکامبرین از نوع سنگ های آتشفشانی، رسوبی دگرگون شده (کمپلکس سیلوانا، شمال ارومیه) و ردیف های پالئوزوئیک همانند البرز و ایران مرکزی از ویژگی های این ناحیه است. ماگماتیسم اسید و باز عموماً نفوذی در بخش های زیادی از این

گستره (باتولیت های گرانیتی و گابرویی قره باغ، نفوذی های مافیکی - اولترامافیک های قره آعاج، سرو و ممکن) روی داده است.

قدیمی ترین واحدهای سنگی در محدوده کانسار شامل یکسری سنگهای دگرگونی نظیر گنایس، شایست، آمفیبولیت و مرمر است که در رخساره شسیت سبز تا آمفیبولیت دگرگون شده اند. سایر واحدهای سنگی رخنمون دار در محدوده کانسار شامل نهشته های شیلی میکادار و ماسه سنگی قرمز رنگ (سازندهای زایگون - باروت) به سن کامبرین زیرین، ماسه سنگهای سازند دورود و سنگهای کربناته سازند روته به سن پرمین و نهشته های ماسه سنگی - کنگلومرای - آهکی سازند قم (به سن اولیگومیوسن) هستند.

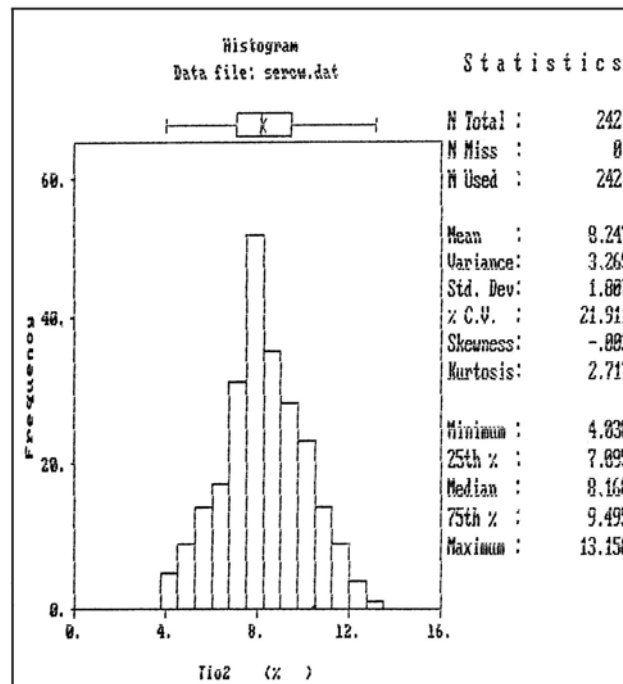
سنگهای نفوذی مافیک - اولترامافیک که کانی زایی تیتانیوم - فسفات در پیوند با آن روی داده است بداخل سنگهای دگرگونی و نهشته های پالئوزوئیک نفوذ کرده اند. سن دقیق جایگیری سنگهای نفوذی معلوم نیست، اگرچه شواهد زمین شناسی سن جوانتر از پرمین و قدیمتر از الیگومیوسن را برای توده نفوذی یاد شده پیشنهاد می کند [۳]. واحد اولترامافیکی با ترکیب سنگ شناسی ورلیت بعنوان سنگ میزبان کانی زایی در نظر گرفته شده است و با توجه به طبیعت ماگمایی کانی زایی، این واحد سنگ شناسی خود به عنوان کانسنگ ایلمنیت - آپاتیت در نظر گرفته می شود [۱]. درازای توده قره آعاج ۱۰-۸ کیلومتر و پهنای آن ۱/۷-۱ کیلومتر است. روند عمومی این توده NW_SE و شیب ساختارهای درونی آن مانند برگواری، ۶۵-۵۰ درجه به سمت N_NE تمایل دارد [۴]. سنگهای اولترامافیک کانه دار در توده قره آعاج را بخش مافیک به طور کامل در بر گرفته اند و با سنگهای رسوبی و دگرگونی همبندی ندارند.

سنگهای اولترامافیک در مجموعه نفوذی قره آعاج شامل تعداد زیادی لایه و توده های سیل مانند (با همبندی تیز و موازی با میزبان گابرویی) به سستیبری متغیر از ۵ سانتیمتر تا چند ده متر بوده و به دلیل غنی شدگی غیرعادی از فسفر (آپاتیت)، آهن و تیتانیوم (ایلمنیت و مگنتیت) به اختصار سنگهای FTP خوانده شده اند [۴].

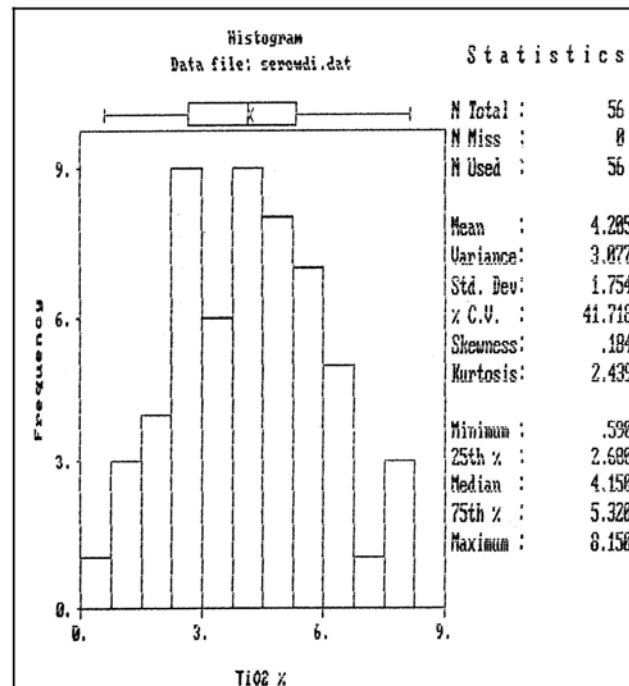
کانه های تشکیل دهنده کانسنگ به ترتیب فراوانی شامل ایلمنیت، تیتانومگنتیت، مگنتیت، اسپینل و آپاتیت به همراه مقادیر اندکی کانه های سولفور (پیریت، کالکوپیریت و پیروتیت) هستند. کانه های معدنی ایلمنیت، تیتانومگنتیت و آپاتیت همراه مقادیری مگنتیت به دو صورت درون بلوری و برون بلوری تشکیل شده اند ولی در این میان کانه زایی اقتصادی تیتانیوم - فسفات به صورت برون بلوری و پرکننده فضای بین سیلیکاتها پدیدار شده است. این ارتباط کانی ها نشانگر بافت ارتوکومولایی است که در آن فاز اکسید به صورت مایع بین بلوری در میان فاز سیلیکاته (اولیوین و کلینوپیروکسن) متبلور شده است. درگیری ایلمنیت با سایر اکسیدها بیشتر به صورت ساده است و به ندرت در قالب تیغه های ناشی از آمیختگی در زمینه مگنتیت توجیه شده است.

۳- بررسی های ژئوشیمیایی

شواهد زمین شناسی گوبای آن است که کانسار ماهیت ماگمایی دارد. یکی از ویژگی های کانسارهای ماگمایی همچون ذخایر نیکل، کرومیت، آهن و تیتانیوم ماگمایی آن است که تغییرات عیار عناصر کانی سازی شده در بخش های مختلف توده معدنی کم می باشد. در مورد کانسار مورد بررسی، ترانسه های اکتشافی که بیشتر نمونه برداری ها در امتداد آنها انجام گرفته است، در سرتاسر توده کانساری توزیع شده اند و از این رو شاخص های آماری حاصل از بررسی نتایج آزمایشگاه می تواند بیانگر توزیع عناصر تشکیل دهنده از جمله اکسیدهای TiO_2 ، Fe_2O_3 و P_2O_5 در بخش های سطحی باشد. بررسی نمونه های برداشته شده از گمانه های اکتشافی نیز می تواند چگونگی توزیع این عناصر را در عمق تا این مرحله از اکتشافات نشان دهد. در این بخش، نخست توزیع سطحی اکسیدهای اصلی و عناصر کمیاب بررسی می شود و سپس به بررسی توزیع آنها در گمانه ها پرداخته خواهد شد. با توجه به اینکه مجموعه آذرین قره آعاج به طور عمده از دو بخش اولترامافیکی (با ترکیب سنگ شناسی ورلیت) و مافیکی (با ترکیب سنگ شناسی گابرو) تشکیل شده است، از این رو توزیع فراوانی عناصر در هر کدام از آنها به طور جداگانه بررسی شده است.



شکل ۲- هیستوگرام توزیع فراوانی TiO_2 در سنگهای ورلیتی (کانسنگ تیتانیوم)



شکل ۳- هیستوگرام توزیع فراوانی TiO_2 در سنگهای گابرویی (فاعد کانه)

تعداد نمونه های آنالیز شده از واحد اولترامافیکی (توده ورلیتی) که کانسنگ تیتانیوم به شمار می آید، ۲۴۲ نمونه می باشد. توزیع فراوانی TiO_2 در این نمونه ها از نوع نرمال است (شکل ۲). میانگین این اکسید برابر ۸/۲۵ درصد و حدود بالا و پایین آن در سطح اعتماد ۹۵ درصد به ترتیب برابر ۸/۴۸-۸/۰۲ درصد می باشد. بیشترین عیار بدست آمده برای این اکسید ۱۳/۱۵

درصد می باشد. میانگین TiO_2 در بخش مافیکی $4/2$ درصد به دست آمده است (شکل ۳). توزیع فراوانی Fe_2O_3 نیز از نوع نرمال بوده ولی توزیع P_2O_5 از خصلت لاگ نرمال پیروی می کنند. میانگین عیار FeO و Fe_2O_3 در سنگهای ورلیتی (کانه دار) به ترتیب برابر $20/53$ و $14/75$ درصد می باشد. میانگین فراوانی P_2O_5 در آنها 2 درصد به دست آمده است، اگرچه بیشترین عیار بدست آمده برای این اکسید $6/26$ درصد است. میانگین عیار FeO ، Fe_2O_3 و TiO_2 در بخش مافیکی توده نفوذی به ترتیب $10/97$ ، $7/8$ و $1/16$ درصد تعیین شده است. برپایه ساختمان زمین شناسی و تغییرات عیار در بخشهای مختلف آن، کانسار به 11 بلوک زمین شناسی تقسیم و توزیع ژئوشیمیایی عناصر در هر کدام از آنها به تفکیک بررسی شده است. دامنه تغییرات میانگین عیار TiO_2 بین $6/77-9/45$ درصد قرار دارد. بیشترین عیار میانگین TiO_2 ، با مقدار میانگین حدود $9/4$ درصد به بلوک های D ، E و F که بخش قابل توجهی از توده کانساری را شامل می شوند، تعلق دارد. بیشترین میانگین P_2O_5 نیز به $3/7$ درصد می رسد. میانگین عیار اکسیدهای اصلی TiO_2 و P_2O_5 در بلوک های یازده گانه در جدول ۱ خلاصه شده است.

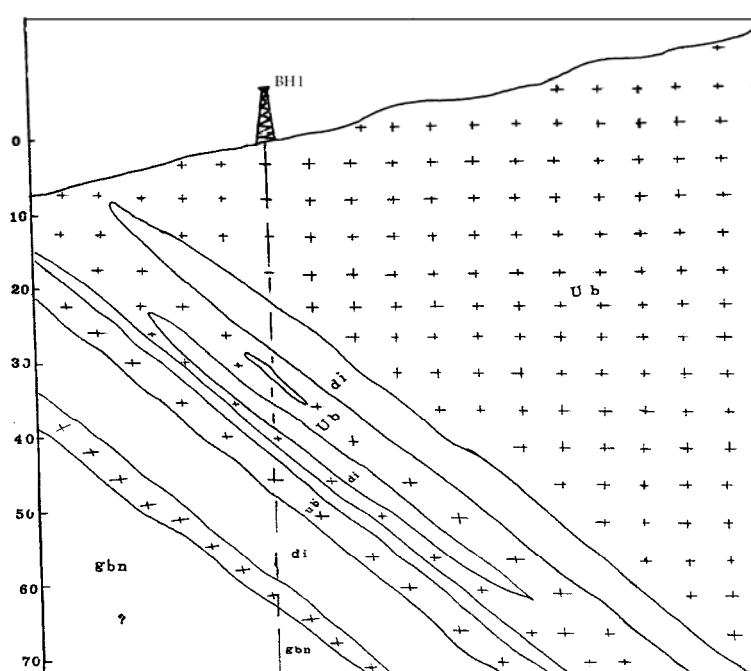
جدول ۱- میانگین عیار TiO_2 و P_2O_5 بلوک های زمین شناسی کانسار تیتانیوم قره آجاج

نام بلوک	عیار TiO_2 (درصد)	عیار P_2O_5 (درصد)
A	7/43	1/84
B	7/43	1/84
C	7/87	3/69
D	9/33	0/17
E	9/33	0/17
F	9/45	0/46
J	8/09	2/80
H	7/0	3/64
I	6/84	2/03
J	6/77	2/28
K	6/77	3/28

همچنانکه پیش از این گفته شد، توده نفوذی قره آجاج از دو بخش اصلی اولترامافیکی و مافیکی تشکیل شده است. بررسی های ژئوشیمیایی سطحی نشان داد که این دو بخش، تفاوت های بسیار مشخصی را از نظر توزیع اکسیدهای اصلی TiO_2 ، Fe_2O_3 و P_2O_5 دارا هستند. به گونه ای که بخش اولترامافیکی (با ترکیب سنگ شناسی ورلیت) به عنوان سنگهای FTP از نظر عناصر تیتانیوم - فسفات و آهن به طور غیر عادی دارای غنی شدگی بوده و به عنوان کانسنگ مطرح هستند. بررسی مغزه های حفاری حاصل از تعداد دو حلقه گمانه اکتشافی نیز نشان می دهد که تغییرات عیار این اکسیدها به شدت از لیتولوژی تبعیت می کند. سنگهای ورلیتی دارای میان لایه هایی از سنگهای گابرویی (به شکل دایک هایی با ضخامت های متغیر) هستند (شکل ۴). در سنگهای اخیر درصد اکسیدهای اصلی به شدت کاهش می یابد و بررسی های زمین شناسی و کانی شناسی نیز گویای آن هستند که این سنگها فاقد کانه اند یا کانی سازی در آنها بسیار کم می باشد. منحنی تغییرات عیار اکسیدهای TiO_2 ، Fe_2O_3 و P_2O_5 در گمانه BH1 در شکل ۵ نشان داده شده است. این گمانه در رخنمون توده ورلیتی حفاری شده است. عیار TiO_2 و P_2O_5 از ابتدای گمانه تا عمق $21/4$ متر بدون تغییر محسوس با هم هماهنگی دارند و منحنی تغییرات آنها تقریباً "خطی" است. از عمق $21/4$ متری با تغییر لیتولوژی از ورلیت به گابرو کاهش شدیدی در عیار

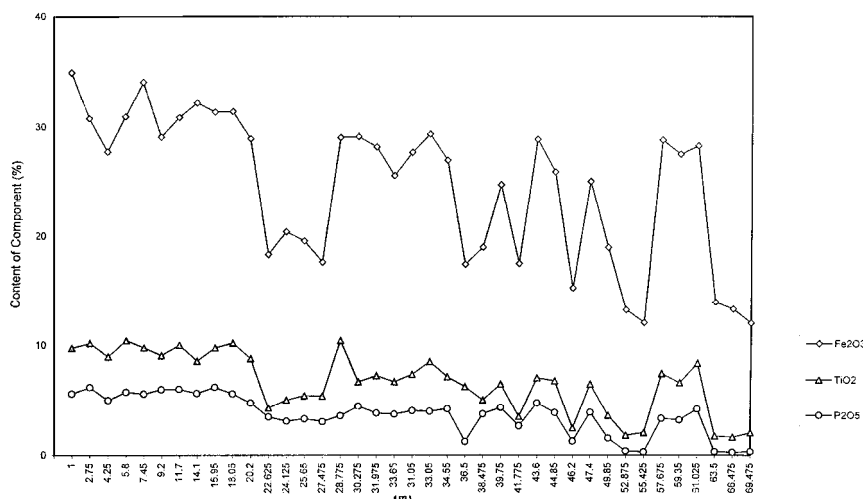
TiO₂ و P₂O₅ به چشم می خورد که با تبدیل مجدد لیتولوژی به ورلیت در عمق ۲۸/۱۵ متری، عیار این اکسیدها افزایش می یابد. تغییرات عیار اکسیدهای مذکور تا انتهای گمانه تماما" به دلیل تغییر لیتولوژی از ورلیت به گابرو می باشد. عیار اکسیدهای مورد بررسی در گمانه BH2 نیز همانند گمانه نخست از لیتولوژی تبعیت می کند و الگوی تغییرات آن همانند گمانه BH1 می باشد. منحنی تغییرات عیار اکسیدهای TiO₂، Fe₂O₃ و P₂O₅ در گمانه BH2 در شکل ۶ نشان داده شده است. مقدار این اکسیدها در سنگهای ورلیتی نسبت به سنگهای گابرویی به طور مشخص بالاست و تقریباً دارای آهنگ یکنواختی است. وجود پیک های نزولی (کاهش عیار) در این منحنی مربوط به موقعیت سنگهای گابرویی است که در میان سنگهای ورلیتی کانه دار جای گرفته اند، برای مثال کاهش شدید عیار در مترهای ۱۴/۷-۱۶/۱۵، ۲۲-۲۳/۵، ۲۷/۸۵-۲۹/۸۵ و ۵۴-۵۷/۴۵، مربوط به سنگهای گابرویی می باشد.

با توجه به اینکه طول نمونه برداری از مغزه های حفاری از نمونه ای به نمونه دیگر متفاوت بوده است، از این رو برای تعیین میانگین عیار اکسیدها از میانگین وزن دار (نسبت به طول نمونه) استفاده شده است. متوسط عیار TiO₂، P₂O₅ و Fe₂O₃ در سنگهای کانه دار گمانه BH1 به ترتیب ۸/۳۲، ۴/۸۳ و ۲۹/۱ درصد، و در بخش های گابرویی به ترتیب ۳/۰۴، ۱/۴۷ و ۱۵/۶۵ درصد می باشد. در گمانه BH2 نیز میانگین عیار اکسیدهای مورد بررسی به ترتیب ۸/۷، ۳/۹۲ و ۳۰/۲۸ درصد به دست آمد. میانگین عیار TiO₂، P₂O₅ و Fe₂O₃ در کل نمونه های برداشته شده از سنگهای ورلیتی گمانه ها به ترتیب ۸/۵۶، ۳/۷۳ و ۲۹/۸۶ درصد، و در بخش های گابرویی به ترتیب ۳/۱۴، ۱/۳۲ و ۱۵/۹۱ درصد می باشد. بررسی روابط همبستگی بین اکسیدهای کانه ساز گویای آن است که اکسیدهای TiO₂، P₂O₅ و Fe₂O₃ به شدت بهم وابسته بوده و از همبستگی مثبت بالایی برخوردارند، برای مثال ضرایب همبستگی بین اکسیدهای TiO₂ - Fe₂O₃ - P₂O₅ و P₂O₅ - Fe₂O₃ در بخش های ورلیتی گمانه BH1 به ترتیب ۰/۷۸، ۰/۷۸ و ۰/۷۷ می باشد.

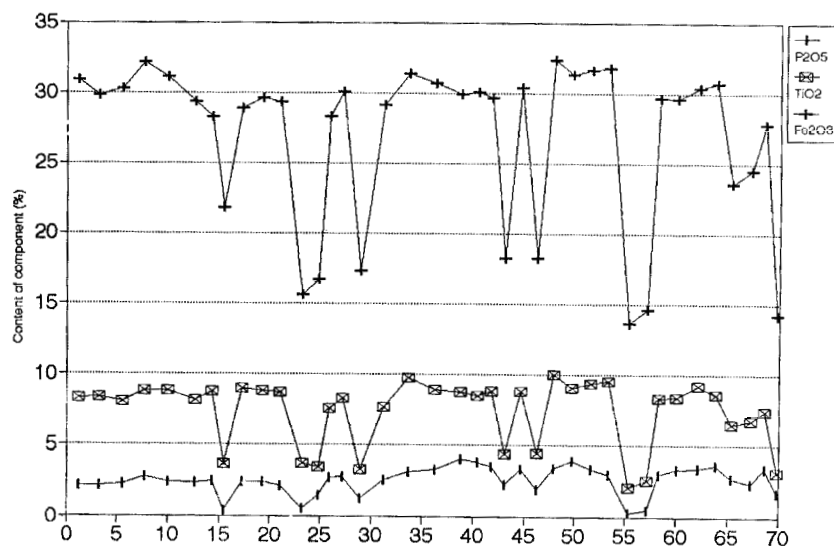


شکل ۴- برش زمین شناسی توده معدنی در محل گمانه BH1، واحدهای سنگی شامل سنگهای اولترامافیکی (Ub) و مافیکی (di و gbn) هستند.

بررسی مقادیر عناصر کمیاب در سنگهای ورلیتی غنی از تیتانیوم - فسفات - آهن نشان داد که غنی شدگی و تمرکز خاصی از نظر عناصر V, Y, Ce, La, Nd, Nb, Zr در این سنگها روی نداده است. برای مثال، تغییرات عیار عنصر Zr در این سنگها در دامنه ۳۵-۶۶ ppm قرار دارد که به میانگین جهانی این عنصر در سنگهای اولترابازیک (۴۵ ppm) نزدیک است.



شکل ۵- منحنی تغییرات عیار اکسیدهای TiO_2 ، Fe_2O_3 و P_2O_5 در گمانه BH1 بر حسب عمق



شکل ۶- منحنی تغییرات عیار اکسیدهای TiO_2 ، Fe_2O_3 و P_2O_5 در گمانه BH2 بر حسب عمق

۴- نتیجه

توده نفوذی اولترامافیک - مافیک قره آجاج از دو بخش اصلی اولترامافیکی (ورلیت) و مافیکی (گابرو) تشکیل یافته است. بررسیهای ژئوشیمیایی و کانی شناسی دال بر آنند که تمرکز کانه های تیتانیوم دار در بخش ورلیتی به صورت میان بلوری (بافت ارتوکومولایی) صورت گرفته است. بخش گابرویی فاقد تمرکز خاصی از این کانه هاست، به طوریکه میانگین عیار TiO_2 در بخش ورلیتی ۸/۲۵ درصد، و در بخش گابرویی ۱/۱۶ درصد می باشد. میانگین عیار این اکسید در نمونه های حاصل از گمانه ها نیز به ترتیب ۸/۵۶ و ۳/۱۴ درصد به دست آمده است. بررسی های ژئوشیمیایی نشان می دهد که از نظر توزیع فراوانی عیار، تغییر زیادی در مقدار اکسیدهای اصلی تشکیل دهنده کانسنگ در جهات جانبی و عمقی (عمودی) وجود ندارد و از این رو کانسار مورد بررسی را می توان کانساری با ویژگی ژئوشیمیایی همسانگرد بشمار آورد. این ویژگی، با سرشت ماگمایی کانسار مطابقت دارد چرا که ژنز کانسار با فرایندهای ماگمایی همچون ناآمیختگی مایعات، تفریق و تبلور، پالایش فشاری و متاسوماتیسم در مراحل نهایی همراه بوده است. از سوی دیگر، ساختارهای اولیه و ثانویه که از کنترل کننده های مهم کانی سازی های گرمایی هستند، در کانی سازی مورد بحث نقشی نداشته اند. این نتیجه گیری می تواند در مدل سازی کانسار و نیز طراحی شبکه اکتشافی برای ادامه اکتشافات مورد استفاده قرار گیرد.

۵- مراجع

- [۶] امامعلی پور، علی؛ مسعودی، جابر و عبدالهی شریف، جعفر؛ ۱۳۷۸؛ "بررسی زمین شناسی اقتصادی و کانه آرایبی مقدماتی کانسار ایلمنیت - آپاتیت قره آغاج ارومیه"؛ سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تبریز،
- [۲] کاوشگران، مهندسین مشاور؛ ۱۳۷۷؛ "گزارش طرح اکتشاف تفصیلی (فاز یک) تیتان و فسفات در منطقه قره آغاج ارومیه"؛ اداره کل معادن و فلزات استان آذربایجان غربی.
- [۳] کاوشگران، مهندسین مشاور؛ ۱۳۷۶؛ "گزارش طرح اکتشاف نیمه تفصیلی تیتان و فسفات در منطقه قره آغاج ارومیه"؛ اداره کل معادن و فلزات استان آذربایجان غربی.
- [۴] میرمحمدی، میرصالح و کنعانیان، علی؛ (۱۳۸۶)؛ "ریز بافت و کانی شناسی اکسیدهای Fe-Ti در توده نفوذی مافیک - اولترامافیک قره آغاج"، شمال باختری ارومیه"، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، شماره ۱، بهار و تابستان ۸۶، از صفحه ۱۴۷ تا ۱۶۰.