

# اندازه گیری موناژیت و کانیهای همراه به روش تغلیظ کانیهای

## سنگین در پلاسر مروست (ایران - یزد)

نوشته: مسعود علی پور\*، دکتر ایرج رسا\*\*، دکتر محمود مهرپرتو\* و علیرضا باباخانی\*

### The Measurement of Monazite and Associated Minerals by Heavy Mineral Concentrate Method in Marvast Placer Deposit (Yazd-Iran)

By: M. Alipour\*, Dr. I. Rasa\*\*, Dr. M. Mehrpartou\* & A.R. Babakhani\*

#### چکیده

موناژیت از کانیهای گروه فسفات است و به فسفات توریم و عناصر خاکی کمیاب معروف است. موناژیت کانی کمیابی است و به عنوان سازنده فرعی در گرانیتها، گنیسها، آپلیتها، پگماتیتها و به شکل دانه های مدور در ماسه های مشتق از تجزیه چنین سنگهایی ظاهر می شود. این کانی به دلیل مقادیر قابل ملاحظه ای از توریم و عناصر خاکی کمیاب در ترکیب خود، همواره به عنوان یک کانی ارزشمند و اقتصادی در کانسارهای پلاسری مطرح است. پلاسر موناژیت مروست، در چهار چوب اکتشافات ژئوشیمیایی و کانی سنگین ناحیه ای در محور یزد- سبزواران شناسایی و معرفی گردید. کاوشهای بعدی در این منطقه نشان داد که رسوبهای دشت جوان ( $Q_2^I$ ) و رودخانه ای جوان ( $Q^{all}$ ) در بردارنده کانی موناژیت هستند. مقدار موناژیت در این پلاسر از ۵۰ تا ۵۲۵ گرم در تن تغییر می کند و ذخیره این کانسار پلاسری ۸۸۶۶۴۲۵ تن با عیار میانگین ۱۵۰ گرم در تن موناژیت برآورد می شود. تجزیه نمونه های کنسانتره به روشهای طیف سنجی جرمی و میکروپروب نشان می دهد که موناژیت مروست غنی از عناصر خاکی کمیاب سبک (Ce, La, Nd, Pr, Eu, Sm) است و مقدار  $REE_2O_3$  آن حدود ۵۵/۴۵ درصد اندازه گیری شده است.

در این کانسار پلاسری، پیریت هماتیته شده، اپیدوت، سلسیت، سروسیست، روتیل، مگنتیت، گارنت، ایلمنیت، پیروکسن، آمفیبول و گاه زیرکن و آپاتیت همراه با موناژیت حضور دارند.

در منطقه مروست، سنگ مادر موناژیت شیلهای سیاه است که به صورت متناوب با ماسه سنگهای آهکی، آهک و گاه کنگلومرا، قرار گرفته اند و گرهکهای موناژیت به صورت پراکنده در شیلها تظاهر دارند. هوازدگی و فرسایش چنین سنگهایی سبب آزاد شدن دانه های موناژیت و تمرکز آن در رسوبهای دشت جوان و رودخانه ای شده است.

**کلید واژه ها:** موناژیت، پلاسر، کانی سنگین، عناصر خاکی کمیاب، مروست.

#### Absrtact

Monazite is a member phosphate group, and a phosphate of Th and REE. Monazite is a rare mineral and occurs as an accessory mineral in granites, gneisses, aplites, pegmatites and as rolled grains in the sands derived from decomposition of such rocks.

Due to the high content of turium and rare earth elements this mineral is the most important and economic mineral in placer deposits.

Marvast monazite placer, has been identified through the regional geochemical exploration in Yazd – Sabzevaran zone. Detailed exploration shows that younger gravel fan and recent alluvium contain monazite grains. The grade of monazite in this placer varies from 50-525 g/ton. The reserve of placer is 8866425 t. with a grade of 150 g/ton of monazite. Monazite concentrate samples analysed by mass spectrometry and microprobe techniques. The results show that Marvast monazite enriched in light rare earth elements (Ce, La, Nd, Pr, Eu, Sm) and the content of  $REE_2O_3$  is about 55.45%.

In this placer deposit, Monazite accompanied by hematitized pyrite, epidotes, celestie, cerisite, rutile, magnetite, garnets, ilmenite, pyroxens, amphibols and sometime with zircon and apatite. Black shales are the host rock of monazite in the Marvast area, interbedded with calcareous sandstone, limestone and conglomerate. Monazite nodules, occurs sporadically in shales.

Monazite grains are released by weathering and erosion of these rocks and are concentrated in younger gravel fan and recent alluvium.

**Key Words:** Monazite, Placer, Heavy mineral, Rare earth element, Marvast.

## مقدمه

پلاسر موناژیت مروست در جنوب - جنوب خاور استان یزد و در مرکز ایران واقع است. این کانسار پلاسری در راستای اکتشافات ژئوشیمیایی - کانی سنگین ناحیه‌ای در محور یزد - سبزوآران شناسایی شد. کارشناسان جمهوری چک این کانی را برای اولین بار به نام رابدوفان (Rabdophane) یا فسفات عناصر خاکی کمیاب آبدار معرفی کرده‌اند، ولی مطالعات تکمیلی بعدی نشان می‌دهد که این کانی بدون شک موناژیت است، اما خواص کانی‌شناسی و پیدایش آن متفاوت از موناژیت‌های نوع آذرین می‌باشد.

جایگاه عناصر خاکی کمیاب در صنعت، عیار قابل ملاحظه موناژیت در رسوبهای دشت آبرفتی و گسترش این رسوبها پی جویی و اکتشاف موناژیت را در این منطقه توجیه می‌کرد.

طرح پی جویی موناژیت با برداشت ۲۰۰ نمونه کانی سنگین از رسوبهای دشت جوان و آبرفتی و در محدوده‌ای به وسعت تقریبی ۱۵۰ کیلومتر مربع، حفر دو حلقه چاهک ۵ متری در مرکز بی‌هنجاریهای مرحله ناحیه‌ای به اجرا در آمد. این کاوشها به هدف کسب اطلاع از تغییرات جانبی و عمقی عیار موناژیت در دشت آبرفتی و انتخاب مکانهای مستعد برای اکتشافات نیمه تفصیلی صورت گرفته است. بر پایه نتایج مثبت حاصل از مرحله پی جویی، دو محدوده جمعاً به وسعت تقریبی ۵ کیلومتر مربع، برای اکتشافات نیمه تفصیلی پیشنهاد شد. این دو محدوده اکتشافی به نام بی‌هنجاریهای باختری و خاوری موناژیت نامگذاری شده‌اند که بی‌هنجاری (آنومالی) باختری موضوع این بررسی است.

محدوده بی‌هنجاری باختری، منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۲ کیلومتر مربع را دربرمی‌گیرد (شکل ۱) در این منطقه، ابتدا نقشه توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ تهیه گردید و سپس شبکه حفاری چاهکهای اکتشافی در ابعاد ۲۰×۲۰ متر پیاده شد. در محدوده این بی‌هنجاری ۴۴ حلقه چاهک به قطر ۱ متر و به روش دستی تا سنگ بستر حفر شد. عمق چاهکها از ۱ تا ۱۰ متر متغیر است. در امتداد چاهکها به ازای هر متر یک نمونه کانی سنگین برداشت شد، بر روی تمامی نمونه‌ها مراحل مختلف توزین، لاوک شویی، آماده سازی، مطالعه و جدایش انجام و در نهایت مقدار گرم در تن موناژیت در هر نمونه محاسبه شده است. از آنجا که شبکه نمونه برداری سیستماتیک بوده، با داشتن پارامترهای عیار، عمق، طول، عرض و وزن مخصوص آبرفت، به محاسبه ذخیره موناژیت به روش چهار ضلعی اقدام شده است.

## زمین‌شناسی عمومی

از نظر جایگاه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در بخش جنوب خاوری زون سندیج - سیرجان و درمرز زون ایران مرکزی واقع است (شکل ۲). این منطقه شامل سنگهای رسوبی با روند عمومی شمال باختری - جنوب خاوری است. کهن‌ترین نهشته‌های منطقه متعلق به پالئوزویک است که سنگهای پی را تشکیل داده و اغلب دگرگون شده‌اند. این سنگها که در قسمتهای شمالی و شمال خاوری محدوده اکتشافی پروند دارند، توسط گسل مروست - هرات با راستای NNW-SSE از فروافتادگی کویر صاحب آباد - مروست جدا شده‌اند. پرمین دگرگون شده و نادگرگونی نیز جوان‌ترین واحدهای پالئوزویک را در این ناحیه تشکیل داده است.

بخش کهن‌تر نهشته‌های مزوزویک شامل سنگهای رسوبی دگرگون شده تریاس میانی و سنگهای کمتر دگرگون شده تریاس بالایی - ژوراسیک است ولی بخش بالایی که شامل رسوبات و سنگهای آتشفشانی کراتاسه است به طرف جنوب باختر در خارج از محدوده مورد مطالعه گسترده هستند. رسوبهای دشت جوان و رودخانه‌ای جوان که جنس سازنده‌های آنها متأثر از سنگهای اطراف و بالادست است بخشهای شمال و شمال خاوری محدوده را پوشش داده و در بردارنده کانی بالارزش موناژیت می‌باشند.

## روش مطالعه

در محدوده پلاسر مروست، چاهکهای اکتشافی در شبکه ۲۰۰×۲۰۰ متر برای محدوده باختری پیاده شده است. از آنجا که چاهکهای مذکور به روش دستی حفر شده‌اند، مساحتی به شعاع ۵ تا ۶ متر در اطراف محور چاهک را تمیز نموده، سپس به تدریج که چاهک در آبرفت حفر می‌شود، مواد حاصل از حفاری به صورت کپه‌های مجزا، که هر یک مربوط به عمق یک متری است را به صورتی مارپیچی در اطراف چاهک قرار داده می‌شوند، این کپه‌ها به فواصل ۰/۵ تا ۱ متر از یکدیگر ریخته می‌شوند و بر روی هر کپه، اطلاعاتی مانند شماره چاهک و عمقی که این کپه مربوط به آن است، درج می‌شود.

در این پروژه، نمونه‌های کانی سنگین از متر به متر طول چاهکها انتخاب شده‌اند. کپه‌های رسوب اطراف چاهکها که هر کدام مربوط به عمق معینی هستند از طریق مخروط سازی و ربع کردن متوالی به نمونه‌ای به وزن ۱۵ کیلوگرم کاهش داده می‌شود (شکل ۳). در استاندارد ISO ۱۹۸۸، فرمول زیر برای تعیین حداقل وزن لازم برای جزء نمونه‌های معدنی ارائه شده است:

(شکل ۷)، سپس با استفاده از میکروسکوپ دو چشمی و روشهای میکروشیمیایی کانیهای موجود در هر بخش شناسایی می شود. در مرحله بعد، کانیهای موجود در هر بخش، زیر میکروسکوپ به طور کامل از یکدیگر جدا می شود، برای مثال موناژیت به همراه کانیهای پیریت هماتیته شده، هماتیت، اپیدوت، سریسیت، ایلمنیت، آمفیبول، قطعات شیل، شیل اسلیتی و ماسه سنگ و گناه گارنت و پیروکسن در بخش AV تمرکز می یابد، جهت عیار سنجی، این کانیها در زیر میکروسکوپ از یکدیگر جدا شده و سپس با ترازوی حساس و دقیق توزین می شوند، بدین ترتیب مقدار گرم در کانی (X) در بخش مطالعه (C بر حسب گرم) به دست می آید، سپس با استفاده از فرمول زیر مقدار گرم هر تن موناژیت و کانیهای همراه در پلاس مروسست محاسبه می شود:

$$\text{گرم در تن هر کانی سنگین} = \frac{X.B.1000}{A.C}$$

که در آن:

A = وزن اولیه نمونه (بر حسب کیلوگرم)

B = وزن نمونه پس از لاوک شویی (بر حسب گرم)

C = وزن مطالعه (بر حسب گرم)

X = مقدار کانی سنگین در وزن مطالعه (بر حسب گرم)

نتایج به دست آمده از مطالعه نمونه های کانی سنگین نشان می دهد که کانیهای پیریت هماتیته، قطعات شیل، شیل اسلیتی، ماسه سنگ، آهک و دولومیت، سریسیت، هماتیت، اپیدوت، کوارتز، کلسیت، سلسیت، روتیل، آمفیبول، ایلمنیت، مگنتیت و گناه زیرکن، آپاتیت، پیروکسن، شیلیت، گارنت، فلوگوپیت و کلریت به همراه موناژیت در پلاس مروسست حضور دارند، ولی در این بین کانیهای موناژیت، پیریت هماتیته شده، سلسیت و قطعات شیل، شیل اسلیتی و ماسه سنگ از درصد قابل ملاحظه ای برخوردار بوده و موناژیت تنها کانی ارزشمند و اقتصادی این پلاس است (شکل ۸). لازم به یادآوری است برای شناسایی دقیق موناژیت و کانیهای همراه از روشهای کمکی پیشرفته ای مانند ریز کاوالکترونی (Electron microporobe)، پراش سنجی پرتو ایکس (XRD)، طیف سنجی جرمی پلاسمای جفتی القایی - ساییدگی لیزری (LA-ICPMS) و برشهای نازک استفاده شده است که نتایج این مطالعات در قالب مقالات دیگری ارائه گردیده است.

در پلاس باختری مقدار موناژیت از ۳۰ تا ۵۲۵ گرم در تن تغییر می کند و عیار میانگین آن حدود ۱۵۰ گرم در تن است. مراحل آماده سازی نمونه های کانی سنگین برای عیار سنجی موناژیت و کانیهای سنگین همراه پلاس مروسست در نمودار شکل ۹ ارائه شده است.

$$\Delta m = 0/06d(t)$$

که در آن:

$\Delta m$  = وزن جزء نمونه (بر حسب کیلوگرم)

$d(t)$  = قطر فوقانی ذرات (بر حسب میلی متر)

در پلاس مروسست، ذرات عموماً دارای قطر کمتر از ۱۰ سانتی متر می باشند، قطر بالای ذرات خیلی به ندرت به ۲۵ سانتی متر (۲۵۰ میلی متر) می رسد. بنابراین در پروژه مروسست حداقل وزن لازم برای نمونه ها بر اساس فرمول پیشنهادی ISO، حدود ۱۵ کیلوگرم بر آورده می شود. از آنجا که کپه های رسوب از طریق مخروط سازی و ربع کردن متوالی کاهش وزن داده شده اند، لذا در این پروژه وزن نمونه های برداشت شده از چاهکها (A بر حسب کیلوگرم) از ۱۵ تا ۲۰ کیلوگرم متغیر بوده است. برای هر نمونه، شماره ای درج می شود که بیانگر منطقه پروژه شماره چاهک و عمق برداشت است. افزون بر این، مشخصاتی همچون وزن اولیه نمونه بر حسب کیلوگرم، رنگ، دانه بندی و جنس ذرات رسوب نیز در دفترچه های ویژه ای برای هر نمونه ثبت می شود.

### تعیین عیار موناژیت و کانیهای سنگین همراه

در بخش تعیین عیار موناژیت و کانیهای همراه، نخستین مرحله، تغلیظ نمونه های کانی سنگین است، نمونه ها نخست توسط الک ۲ میلی متری ویژه ای در داخل آب سرند شده، و جزء زیر ۲ میلی متر گل شویی می شود. هدف از گل شویی جدا سازی رس، سیلت و ذرات معلق است. سپس نمونه به ظروف ویژه ای منتقل شده و بر پایه خاصیت اختلاف وزن مخصوص کانیهای غوطه ور شدن ذرات در آب و انجام حرکت دورانی و اصل قانون نیروی گریز از مرکز، ذرات سبک جداسازی می شود، و این عمل آنقدر ادامه می یابد تا به حجم دلخواه و معینی از نمونه تغلیظ شده برسیم. برای پرهیز از هر گونه خطا، این فرایند بسته به هدف مطالعه، باید توسط شخص ماهر و با دقت تمام صورت گیرد تا دانه های موناژیت در بخش تغلیظ شده باقی بمانند (شکل های ۴ و ۵). در این مرحله، قسمت تغلیظ یافت نمونه خشک شده و با ترازوی دقیق توزین می شود (B بر حسب گرم)، نمونه B با استفاده از دستگاه تقسیم کن به دو جزء نمونه تقسیم می شود. یکی از این جزء نمونه ها وزن شده (C بر حسب گرم) و برای تجزیه و اندازه گیریهای لازم به کار می رود، جزء نمونه دیگر به عنوان جزء نمونه کنترل برای مراجعات احتمالی بعدی در انبار نگهداری می شود.

در این مرحله، بخش C نمونه ها با مایع سنگین (بروموform) مورد جدایش قرار گرفته (شکل ۶)، و سپس جدایش با آهنرباهای دستی با بارهای مغناطیسی معین انجام می شود، در پایان این مرحله نمونه ها به سه بخش کانیهای دارای خاصیت مغناطیسی شدید (AA)، دارای خاصیت مغناطیسی متوسط (AV) و فاقد خاصیت مغناطیسی (NM) تقسیم بندی می شود

### طبقه بندی رسوبات در پلاسروس

در پلاسروس برای اطلاع از اندازه رسوبهایی که کانی موناژیت در آن قرار می گیرد، طبقه بندی رسوبات انجام شده است. در محدوده پلاسروس، مطالعه طبقه بندی رسوبات به ترتیب در چاهک شماره ۴ انجام یافته است. در هر کدام از این چاهکها رسوبهای مربوط به عمقهای مختلف با استفاده از سرندهای ۸۰، ۱۸، ۴۰ مش به چهار بخش تقسیم شده است. برای مثال، نمونه مربوط به متر اول چاهک شماره ۴(۱) با استفاده از این سرندها به اندازه های A, B, C و D بخش شده است، و همین فرآیند برای رسوبات مترهای بعدی چاهکها نیز تکرار شده است. در مرحله بعد هر یک از این بخشها به طور جداگانه در آزمایشگاه امدل استرالیا برای عناصر خاکی کمیاب تجزیه شده است.

اندازه  $18\text{mesh}; 18\text{mesh} < D < 40\text{mesh}; 40\text{mesh} < C$  اندازه  $80\text{mesh}; 80\text{mesh} < B < 18\text{mesh}$  اندازه A

نتایج اندازه گیریها نشان می دهد که اندازه های B و C به ترتیب بیشترین مقدار عناصر خاکی کمیاب را دارا هستند. به عبارتی بیشتر دانه های موناژیت در دامنه ۴۰ تا ۱۸ مش و بخشی نیز در دامنه ۸۰ تا ۴۰ مش رسوبات تمرکز دارند (شکل ۱۰).

مطالعات نمونه های کانی سنگین و کانه آرایشی نیز نشان می دهد که دانه های موناژیت در پلاسروس در دامنه ۶۰+ مش و ۱۴- مش قرار دارند.

### اندازه گیری عناصر خاکی کمیاب

برای اندازه گیری مقدار عناصر خاکی کمیاب در پلاسروس، ابتدا دانه های موناژیت هر کدام از نمونه های کانی سنگین به روشی که در بند پیش به آنها اشاره گردید، جدا شده، سپس کنسانتره هر نمونه در آزمایشگاه امدل استرالیا به روش طیف سنجی جرمی (ICP-MS) برای عناصر گروه لاتانیدها، تجزیه شده است.

نتایج اندازه گیریها نشان می دهد که موناژیت مروس غنی از عناصر زیر گروه سریم است.

مقدار میانگین هر یک از عناصر خاکی کمیاب در نمونه های کنسانتره موناژیت محدوده باختری در شکل ۱۱ آورده شده است. به طوری که از چارتهای ستونی پیداست، موناژیت مروس غنی از عناصر خاکی کمیاب سبک (سریم، لانتان، نئودیمیم، پرازیدیمیم، ساماریم، گادولینیم و یورپیم) است.

### تخمین و ارزیابی ذخیره

برای محاسبه میزان ذخیره در کانسار پلاسروس موناژیت مروس، از روش چند ضلعی استفاده شده است. در این روش، برون یابی تا ۱/۴ فاصله بین

چاهکها و درون یابی تا ۱/۲ فاصله بین چاهکها صورت می گیرد. بنابراین ابعاد شبکه برداشته و ناهمسانگردی آن تعیین کننده است نه ساختار کانسار و داده ها. برای رسم چند ضلعی، ابتدا چاهکها به هم متصل می شوند و سپس عمود منصفهای این خطوط رسم می شوند با رسم این عمود منصفها حول هر چاهک یک چند ضلعی تشکیل می شود. این چند ضلعی در محدوده باختری به دلیل شبکه منظم ۲۰۰×۲۰۰ متر مربعی خواهند بود. می توان هر یک از این چند ضلعیها را منشوری از ماده معدنی در نظر گرفت. در این صورت میزان ذخیره از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$W = S_1 t_1 \Delta_1 + S_2 t_2 \Delta_2 + \dots + S_n t_n \Delta_n$$

که در آن  $S_1, S_2, \dots, S_n$  مساحت مقاطع چند ضلعیهای حاصل به روش فوق و  $t_1, t_2, \dots, t_n$  ضخامت آبسرف در هر یک از چاهکها و بالاخره  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  وزن مخصوص رسوب در هر یک از چاهکها است.

میزان ذخیره محدوده باختری با در نظر گرفتن پارامترهای فوق ۸۶۶۴۲۵ تن با عیار میانگین ۱۵۰ گرم در تن موناژیت محاسبه شده است. مراحل مختلف برآورد ذخیره در پلاسروس موناژیت منطقه باختری در جدول ۱ گنجانده شده است.

### سنگ مادر موناژیت

در منطقه مروس، سنگ منشأ موناژیت شیلهای سیاه است که به صورت متناوب با ماسه سنگهای آهکی، آهک و گاه کنگلومرا قرار گرفته اند، و گرهمهای موناژیت به صورت پراکنده در شیلها تظاهر دارند (شکل ۱۲). این توالی رسوبی به نظر می آید که در محیط کم عمق قاره ای و توریدیتی از زون سنندج- سیرجان تشکیل شده و دارای سن تریاس بالایی است. این احتمال وجود دارد که پدیده دیاژنز رسوبات در شکل گیری گرهمهای موناژیت در شیلها دخیل بوده است. شواهد بافتی نیز حاکی است که تشکیل کانی موناژیت پیش از دگرگونی و دگر شکلی رسوبات رخ داده است. تجزیه نمونه های سنگ نشان می دهد که عیار موناژیت و عناصر خاکی کمیاب در سنگ منشأ کمتر از عیار اقتصادی بوده و ادامه عملیات اکتشافی در محیط سنگی توصیه نمی شود. نمودار خطی شکل ۱۳ مقادیر عناصر خاکی کمیاب را در واحدهای سنگی مختلف منطقه نشان می دهد.

### نتیجه گیری

موناژیت مروس، نخستین کانسار پلاسروس موناژیت و عناصر خاکی کمیاب ایران است. اکتشافات کانی سنگین سبب شناسایی آن در رسوبهای دشت جوان و رودخانه ای مروس شده است. در پلاسروس مروس تعیین عیار موناژیت و کانیهای همراه به روش برداشت و مطالعه نمونه های کانی سنگین بوده است.

پلاسر موناژیت و عناصر خاکی کمیاب مطرح است، برای بررسیهای اکتشافی و مطالعات فنی - اقتصادی در مقیاس تفصیلی نیز پیشنهاد می گردد.

### قدردانی

مؤلفان مقاله لازم می دانند که مراتب تشکر خود را از اعضای هیئت علمی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی به خاطر راهنماییهایشان در طول این مطالعه اعلام دارد. همچنین ضروری است که از مسئولان محترم سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور بویژه آقایان مهندس کره ای، دکتر مهرپرتو، مهندس بابا خانی و مهندس برنا که تسهیلات صحرایی و آزمایشگاهی لازم برای این تحقیق را فراهم آورده اند، قدردانی به عمل آید. از آقای دکتر ج. اوانز، محقق مرکز تحقیقات ایزوتوپی سازمان زمین شناسی بریتانیا و همچنین پروفیسور ف. فورسیش، عضو هیئت علمی دانشگاه ورسبورگ به خاطر راهنمایی و نظرات ارزنده و سودمندشان تشکر می نمایم.

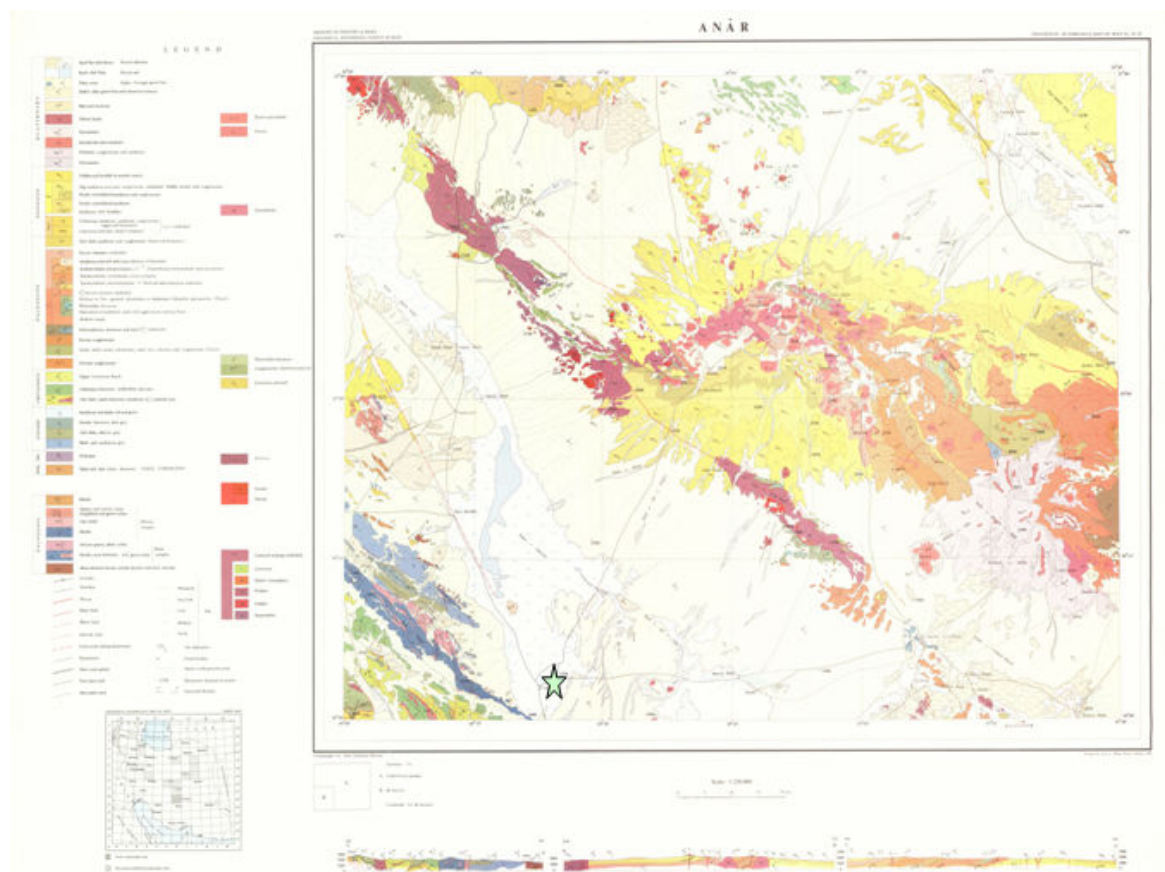
میانگین عیار موناژیت در محدوده باختری ۱۵۰ گرم در تن تعیین شده است. تجزیه کنسانتره های موناژیت برای عناصر خاکی کمیاب و به روش ICP-MS نشان می دهد که موناژیت مروست غنی از عناصر خاکی کمیاب سبک است. مطالعات طبقه بندی رسوبات نشان می دهد که بیشتر دانه های موناژیت در دامنه ۴۰ تا ۱۸ مش و مقدار کمتری نیز در دامنه ۸۰ تا ۴۰ مش رسوبها قرار دارند. میزان ذخیره پلاسر مروست به روش چهار ضلعی ۸۸۶۶۴۲۵ تن با میانگین عیار ۱۵۰ گرم در تن موناژیت برآورده شده است. سنگ مادر موناژیت در منطقه مروست شیلای سیاه است و به نظر می آید که پدیده دیاژنز در شکل گیری گرهکهای موناژیت در شیلای سیاه مؤثر بوده است. شیلای سیاه مروست به دلیل عیار پایین موناژیت و عناصر خاکی کمیاب فاقد ارزش اقتصادی هستند.

هر چند عیار موناژیت در پلاسر مروست در قیاس با کانسارهای مشابه در دنیا پایین است اما از آنجا که موناژیت مروست به عنوان نخستین کانسار



شکل ۱- محدوده آبرفت موناژیت دار منطقه باختری مروست (نگاه به باختر)





شکل ۲- موقعیت محدوده مورد مطالعه در نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ انار



شکل ۴- تغلیظ نمونه‌های کانی سنگین به روش لاوک بزرگ.



شکل ۳- شیوه حفر چاهک دستی و برداشت نمونه معرف به روش مخروط سازی و ریع کردن.



شکل ۵- تغلیظ نمونه‌های کانی سنگین به روش لاوک کوچک.



شکل ۶- جدایش بخشهای سبک و سنگین نمونه‌های کانی سنگین با استفاده

از مایع سنگین.

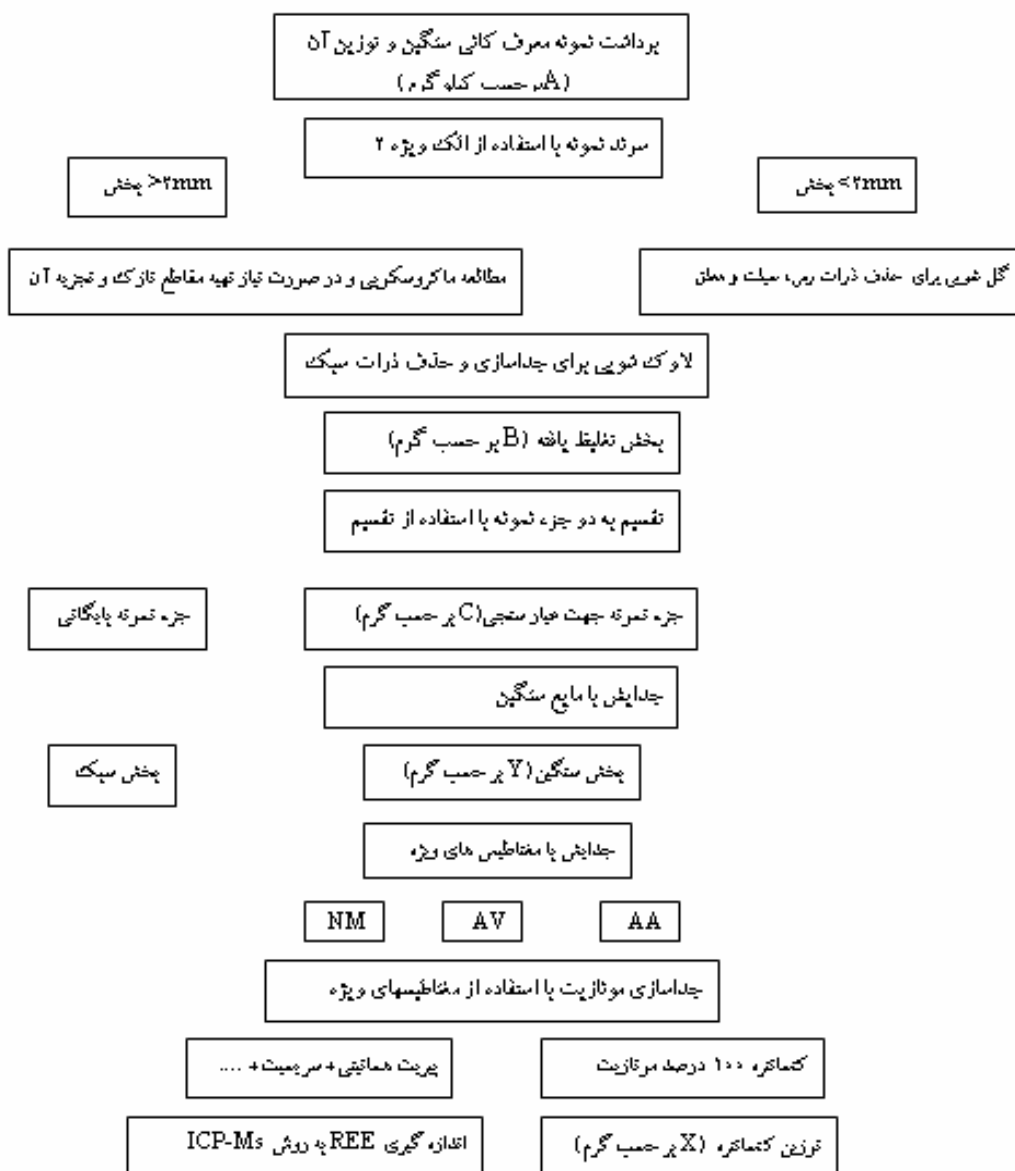


شکل ۷- جدایش بخش سنگین نمونه‌های کانی سنگین با استفاده از

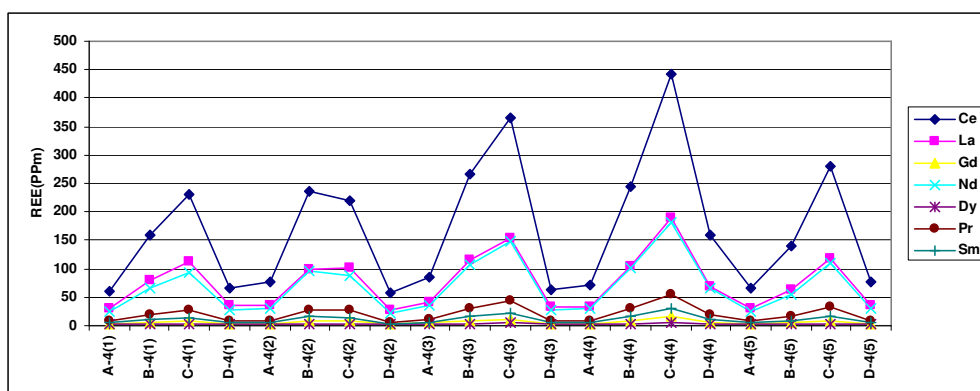
آهنرباهای ویژه.



شکل ۸- گرهکهای موناژیت از پلاسروست- یزد.



شکل ۹- نمودار جریانی عیارسنجی موناژیت و کانیهای همراه در پلاسما مریست

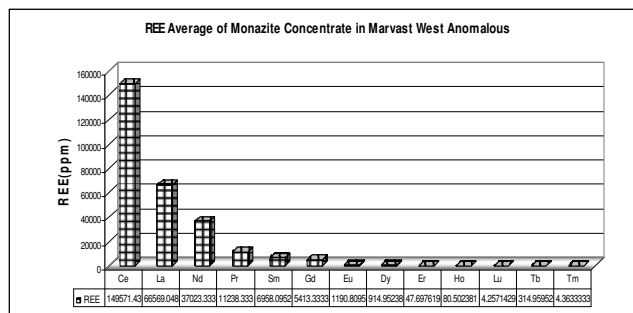


شکل ۱۰- نمودار خطی مقادیر عناصر خاکی کمیاب در مشهای مختلف رسوبهای چاهک ۴



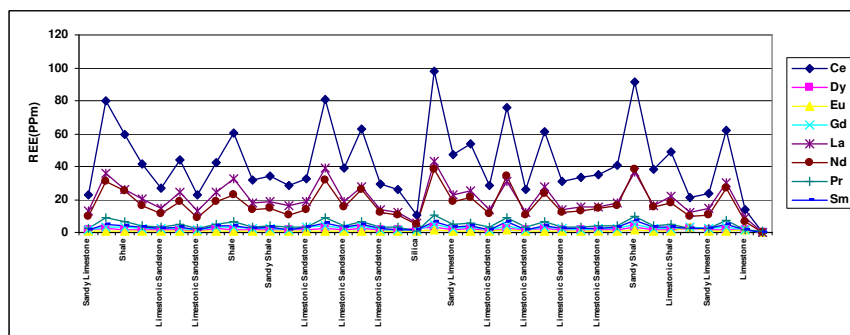
جدول ۱- مراحل محاسبه ذخیره به روش چند ضلعی در پلاسز موناژیت

| شماره جاهک | شماره بلوک | مساحت بلوک (m <sup>2</sup> ) | ضخامت متوسط<br>بلوک (m) | وزن مخصوص<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | عیار متوسط<br>بلوک (PPm) | ذخیره (تن) |
|------------|------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------|
| 1          | A1         | 22500                        | 1.5                     | 1.52                              | 130.37                   | 51300      |
| 2          | B1         | 30000                        | 1.5                     | 1.43                              | 147.23                   | 64350      |
| 3          | C1         | 30000                        | 3                       | 1.43                              | 128.45                   | 128700     |
| 4          | D1         | 30000                        | 5                       | 1.66                              | 225.48                   | 249000     |
| 5          | E1         | 22500                        | 3.5                     | 1.57                              | 141.84                   | 123637.5   |
| 6          | A2         | 30000                        | 2.5                     | 1.57                              | 162.42                   | 117750     |
| 7          | B2         | 40000                        | 2.5                     | 1.69                              | 204.27                   | 169000     |
| 8          | C2         | 40000                        | 6                       | 1.69                              | 163.18                   | 405600     |
| 9          | D2         | 40000                        | 8                       | 1.72                              | 141.45                   | 550400     |
| 10         | E2         | 30000                        | 2                       | 1.52                              | 119.56                   | 91200      |
| 11         | A3         | 30000                        | 1                       | 1.51                              | 74.48                    | 45300      |
| 12         | B3         | 40000                        | 3                       | 1.36                              | 50.10                    | 163200     |
| 13         | C3         | 40000                        | 8.5                     | 1.5                               | 147.10                   | 510000     |
| 14         | D3         | 40000                        | 5.5                     | 1.66                              | 266.05                   | 365200     |
| 15         | E3         | 30000                        | 3.5                     | 1.65                              | 117.10                   | 173250     |
| 16         | A4         | 30000                        | 0                       | 0                                 | 0.00                     | 0          |
| 17         | B4         | 40000                        | 2.5                     | 1.64                              | 22.69                    | 164000     |
| 18         | C4         | 40000                        | 7                       | 1.48                              | 96.79                    | 414400     |
| 19         | D4         | 40000                        | 5                       | 1.63                              | 148.78                   | 326000     |
| 20         | E4         | 30000                        | 3                       | 1.54                              | 142.39                   | 138600     |
| 21         | A5         | 30000                        | 0                       | 0                                 | 0.00                     | 0          |
| 22         | B5         | 40000                        | 0                       | 0                                 | 0.00                     | 0          |
| 23         | C5         | 40000                        | 5                       | 1.45                              | 132.16                   | 290000     |
| 24         | D5         | 40000                        | 3                       | 1.59                              | 217.93                   | 190800     |
| 25         | E5         | 30000                        | 4                       | 1.62                              | 167.74                   | 194400     |
| 26         | A6         | 30000                        | 0                       | 0                                 | 0.00                     | 0          |
| 27         | B6         | 40000                        | 2.5                     | 1.6                               | 100.24                   | 160000     |
| 28         | C6         | 40000                        | 2                       | 1.62                              | 165.89                   | 129600     |
| 29         | D6         | 40000                        | 4                       | 1.61                              | 157.18                   | 257600     |
| 30         | E6         | 30000                        | 3                       | 1.62                              | 189.70                   | 145800     |
| 31         | A7         | 30000                        | 0                       | 0                                 | 0.00                     | 0          |
| 32         | B7         | 40000                        | 0                       | 0                                 | 0.00                     | 0          |
| 33         | C7         | 40000                        | 3.5                     | 1.62                              | 137.67                   | 226800     |
| 34         | D7         | 40000                        | 4                       | 1.63                              | 207.16                   | 260800     |
| 35         | E7         | 22500                        | 8                       | 1.69                              | 164.84                   | 304200     |
| 36         | F8         | 22500                        | 4                       | 1.68                              | 161.69                   | 151200     |
| 37         | A8         | 40000                        | 5                       | 1.66                              | 94.51                    | 332000     |
| 38         | B8         | 40000                        | 1                       | 1.7                               | 141.18                   | 68000      |
| 39         | C8         | 40000                        | 3.5                     | 1.6                               | 107.87                   | 224000     |
| 40         | D8         | 30000                        | 3.5                     | 1.61                              | 69.35                    | 169050     |
| 41         | F9         | 30000                        | 3                       | 1.7                               | 148.23                   | 153000     |
| 42         | A9         | 40000                        | 2.5                     | 1.61                              | 181.33                   | 161000     |
| 43         | B9         | 40000                        | 1.5                     | 1.61                              | 154.79                   | 96600      |
| 44         | C9         | 40000                        | 1                       | 1.48                              | 45.91                    | 59200      |
| 45         | D9         | 30000                        | 5                       | 1.64                              | 203.04                   | 246000     |
| 46         | F10        | 22500                        | 1.5                     | 1.67                              | 379.11                   | 56362.5    |
| 47         | A10        | 30000                        | 1.5                     | 1.55                              | 144.03                   | 69750      |
| 48         | B10        | 30000                        | 5.5                     | 1.68                              | 109.06                   | 277200     |
| 49         | C10        | 30000                        | 4.5                     | 1.66                              | 71.41                    | 224100     |
| 50         | D10        | 22500                        | 4.5                     | 1.66                              | 129.83                   | 168075     |
| جمع        |            |                              |                         |                                   | 150                      | 8,866,425  |



شکل ۱۲- سنگهای شیلی موناژیت دار، ماسه سنگ و سنگهای آهکی در بالادست آبرفت باختری مروست (نگاه به جنوب).

شکل ۱۱- نمودار مستطیلی مقدار میانگین عناصر خاکی کمیاب در کنساتره موناژیت مروست.



شکل ۱۳- نمودار خطی مقادیر عناصر خاکی کمیاب در سنگهای مختلف رسوبی بالادست آبرفت موناژیت منطقه باختری مروست.

## کتابنگاری

- حسنی پاک، ع.ا.، ۱۳۸۰- نمونه برداری معدنی (اکتشاف، استخراج و فرآوری)، انتشارات دانشگاه تهران (شماره ۲۱۴۰)، ۵۲۳ صفحه.
- حسنی پاک، ع.ا.، شرف الدین، م.، ۱۳۸۰- تحلیل داده های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران (شماره ۲۵۳۶)، ۹۸۷ صفحه
- سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۶- اکتشافات ژئوشیمیایی - کانی سنگین در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ مروست.
- علی پور اصل، م.، ۱۳۸۲- پی جوئی موناژیت در آبرفتهای جنوب مروست، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- علی پور اصل، م.، ۱۳۸۲- پی جوئی و اکتشاف موناژیت در محدوده چک چک - چاه متک (شمال شرق اردکان) - سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- علی پور اصل، م.، ۱۳۸۳- اکتشافات نیمه تفصیلی موناژیت در آبرفتهای جنوب مروست - سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

## References

- Kryvdik, St., Mykhayiov, V., 2001- The potential of Rare Earth mineralization of Islamic Republic Iran, Final Report, Geological Survey of Iran, 48 PP.
- Roskill Information Services Ltd. ISBN o 86214 800-6, 1998- The Economics of Rare Earths and Yttrium, 212PP.
- Kudrass, H. R., 2000- Marine Placer deposits and Sea-level Changes, Handbook of Marine Mineral Deposits, PP.3-12.
- Rajamanin, V., Ckam, G., 2000- Light heavy minerals on the Indian Continental Shelf, Including Beaches, Handbook of Marine Mineral Deposits, PP.13-26.

\*دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

\*\*سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

\* Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

\*\*Geology Department, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran