==========

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	
بخش اول – کلیات	1
1-1-مقدمه	2
1-2- جغرافیا	3
1-3- پیشینه زمین شناسی و اکتشافی	5
1-4- عناصر خاکی کمیاب	5
1-4-1- تاریخچه	5
1-4-2- ژئوشیمی	6
1-4-3- کانی های مهم عناصر خاکی کمیاب	7
1-4-4- کانسار های عناصر خاکی کمیاب	8
1-4-5- ارزیابی اقتصادی و تولید کنندگان عمده	9
1-4-6- قیمت ها و بازار مصرف	10
بخش دوم – زمین شناسی، ژئو شیمی و کانی شناسی	16
2-1- زمین شناسی	17
2-1-1- پرمیره	17
2-1-2- تریاس میانی	18
2-1-3- تریاس بالایی – ژوراسیک	18
2-1-4- کواترنری	22

2-2- ژئوشیمی شیل ها
22
2-3- نودول های مونازیت در رسوب های آبرفتی مروست
26
2-3-1- خواص فیزیکی و میکروسکوپی مونازیت مروست
26
2-3-2- مطالعه نودول های مونازیت با استفاده از پراش اشعه ایکس
28
2-3-3- ترکیب نودولها ی مونازیت مروست
28

بخش سوم – اکتشاف مونازیت در پلاسر مروست
31
3-1- مقدمه
32
3-2- اکتشافات کانی سنگین
32
3-2-1- مقدمه
32
3-2-2- نمونه برداری، آماده سازی مطالعه و محاسبه گرم در تن
33
- نمونه برداری
33
- آماده سازی و مطالعه
33
- محاسبه گرم در تن مونازیت
34
3-2-3- طبقه بندی رسوبات در آبرفت های محدوده باختری
38
3-2-4- تحلیل آماری داده های کانی سنگین
39
الف) – تحلیل آماری توزیع مونازیت بر پایه کل داده ها
39

ب) – تحلیل آماری توزیع مونازیت در امتداد سطوح افقی
40
5-2-3- بررسی تغییر پذیری مقادیر مونازیت در پلاسر محدوده باختری
47
1-5-2-3- بررسی تغییرات مونازیت در امتداد چاهک ها
47
2-5-2-3- بررسی تغییرات مونازیت در سطوح ا فقی
52
3-5-2-3- بررسی تغییرات مونازیت در مقاطع قائم طولی
52
4-5-2-3- بررسی تغییرات مونازیت در مقاطع قائم عرضی
52

بخش چهارم – عناصر خاکی کمیاب در پلاسر مروست
55
4-1- مقدمه
56
4-2- عیار سنجی ناصر خاکی کمیاب در پلاسر مروست
56
4-3- تحلیل آماری عناصر خاکی کمیاب در کنسانترههای مونازیت
59
4-4- تجزیه خوشه ای عناصر خاکی کمیاب در کنسانتره های مونازیت
62

بخش پنجم – تکنیک رسم و شرح نقشه های توزیع مونازیت
65
5-1- تکنیک رسم نقشه ها
66
5-2- شرح نقشه ها و مقاطع توزیع مونازیت
68
1-5-2- نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر اول
68

2-2-5- نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر دوم
68
3-2-5- نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر سوم
69
4-2-5- نقشه توزیع ممونازیت در سطح افقی متر چهارم
69
5-2-5- نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر پنجم
69
6-2-5- نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر ششم
70
7-2-5- نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر هفتم
70
8-2-5- نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر هشتم
70
9-2-5- نقشه توزیع مونازیت بر اساس مقدار میانگین آن در هر چاهک
71
10-2-5- توزیع مونازیت در امتداد پروفیل های عرضی
71
11-2-5- توزیع مونازیت در امتداد پروفیل های طولی
70
12-2-5- نقشه هم ضخامت آبرفت های مونازیت دار مروست (محدوده باختری)
74

بخش ششم – تخمین و ارزیابی ذخیره مونازیت و عناصر خاکی کمیاب
52
1-6- مقدمه
75
2-6- روش تخمین ذخیره مونازیت در پلاسر محدوده باختری
76
3-6- ملاحظات اقتصادی
84
بخش هفتم – نتیجه گیری و پیشنهاد ها
87

7-1- نتیجه گیری
88
7-2- پیشنهادها
90
منابع و مآخذ
91

==========

فهرست شکل ها

عنوان صفحه

بخش اول

شکل 1-1- موقعیت جغرافیایی محدوده اکتشافی در ایران و استان یزد و راه های دسترسی 4

شکل 1-2- جدول تناوبی عناصر و موقعیت های Th,Sc,Y,REE
13

شکل 1-3- در صد تولید جهانی REO از کانی های مهم عناصر خاکی کمیاب
13

شکل 1-4- در صد تولید جهانی REO توسط کشورهای دارنده ذخایر REE
13

شکل 1-5- تولید جهانی اکسید های عناصر خاکی کمیاب از کانسارهای مختلف
از سال 1950 تا 2000
13

بخش دوم

شکل 2-1- همبری واحدهای سنگی پرمین و تریاس میانی با رسوی های کواترنری
و توالی شیلی – ماسه سنگی تریاس فوقانی – ژوراسیک
18

شکل 2-2- شیل های کربناتی با میان لایه هایی از سنگ آهک ، میکروکنگلومرا و
ماسه سنگ در همبری پیوسته با ماسه سنگ های قسمت فوقانی
19

شکل 2-3- رگه های سیلیسی که شنل های دگرگونه را در جهات مختلف قطع نموده
وفشار دیاژنتیکی دارند
20

شکل 2-4- رگه های سیلیسی که به موازات جها ت امتداد طبقات رسوبی رخنمون دارند،
و نشانه فعالیت توره های نفوذی در عمق هستند
21

2-5- نودول های عدسی شکل و کیک مانند مونازیت در شیل های کرتناتی سیاه مروست
21
شکل 2-6- الگو های REE درمالیزه شده به کندریت شیل های ناحیه مروست
24
شکل 2-7- الگوهای REE درمالیزه شده به PAAS شیل های ناحیه مروست
25
شکل 2-8- نودول بیضوی شکل مونازیت از پلاسر مروست (یزد – ایران)
27
شکل 2-9- (a),(b) مقطع نازک میکروسکوپی از نودول های منفرد مونازیت از پلاسر مروست شکل های
27
شکل های 2-10- نمودار های پراش اشعه ایکس دانه های مونازیت مروست در دانشگاه ورتسبورگ(a) و آزمایشگاه کانساران بینالود (b)
29

بخش سوم
شکل 3-1- حفر چاهک دستی و برداشت نمونه معرف کانی سنگین به شیوه چهار قسمتی
35
شکل 3-2- تغلیظ نمونه های کانی سیگین به روش لاوک شویی
35
شکل 3-3- جداسازی بخش های سبک و سنگین نمونه های تغلیظ یافته با استفاده از مایع سنگین
35
شکل 3-4- کانی های غالب در بخش با خاصیت مغناطیسی متوسط نمونه های کانی سنگین از پلاسر مروست
35
شکل 3-5- نمودار جریانی عیار سنجی مونازیت و کانی های همراه در آبرفت های مروست
37
شکل 3-6- نتایج مطالعات ژئوشیمی توجیهی و طبقه بندی رسوب هاب در آبرفت های محدوده باختری
39
شکل های 3-7- پارامترهای آماری، سختی هی هیستوگرامP-P نرمال و نمودار جعبه ای

مونازیت بر پایه کل داده ها 42
شکل های 3-8- پارامترهای آماری ، منحنی های هیستوگرام ،P-P نرمال و نمودار جعبه ای مونازیت در سطح افقی متر اول 42
شکل های 3-9- پارامترهای آماری ،منحنی های هیستوگرام ،P-P نرمال و نمودار جعبه ای مونازیت در سطح افقی متر دوم 42
شکل های 3-10- پارامترهای آماری ، منحنی های هیستوگرام ،P-P نرمال و نمودار جعبه ای مونازیت در سطح افقی متر سوم 45
شکل های 3-11- پارامتر های آماری ، منحنی های هیستوگرام ، P-Pنرمال و نمودار جعبه ای مونازیت در سطح افقی متر چهارم 45
شکل های 3-12- پارامترهای آماری ، منحنی های هیستوگرام،P-P نرمال و نمودار جعبه کای مونازیت در سطح افقی متر پنجم 45
شکل 3-13- پارامترهای آماری ، منحنی های هیستوگرام ، P-P نرمال و نمودار جعبه ای کانی مونازیت در امتداد سطح افقی متر ششم 46
شکل 3-14- پارامتر های آماری ، منحنی های هیستوگرام ،P-Pنرمال و نمودار جعبه ای کانی مونازیت در امتداد طح افقی متر هفتم 46
شکل 3-15- پارامترهای آماری ، منحنی های هیستوگرام ،P-P نرمال و نمودار جعبه ای کانی مونازیت در امتداد سطح افقی متر هشتم 46
شکل 3-16- تغییرات مقادیر مونازیت در امتداد چاهک کهای 8،16 و .... در پلاسر محدوده باختری 49
شکل 3-17- تغییرات میانگین مقادیر مونازیت از سطح افقی 1 تا 8 در پلاسر مروست 54
شکل 3-18- ضریب تغییرات مونازیت از سطح افقی 1 تا 8 در پلاسر مروست 54

شکل 3-19- ضریب تغییرات مونازیت از پروفیل های قائم طولی 1 تا 19
54
شکل 3-20- ضریب تغییرات مونازیت ازروفیل های قائم عرضی C تا I
54

بخش چهارم
شکل های 4-1- منحنی های هیستوگرام توزیع فراوانی REEدر کنسانتره های مونازیت بر پایه داده های خام 60 و 61

شکل 4-2- ساختار درختی عناصر خاکی کمیاب در کنسانتره های مونازیت بر پایه داده های خام
64

بخش ششم
شکل 6-1- نقشه بلوک بندی پلاسر محدوده باختری مروست جهت ارزیابی ذخیره
78

فهرست جداول
جدول 1-1- خواص فیزیکی ، شیمیایی فراوانی پوسته ای و روش تجزیه مناسب Th,Y,REE
14
جدول 1-2- در صد هر یک از عناصر خاکی کمیاب پاره ای از کانی های مهم و تجاری REE
14
جدول 1-3- میزان ذخائر جهانی REE
14
جدول 1-4- تولید جهانی کانی های عناصر خاکی کمیاب از سال 1995 تا 1998
15
جدول 1-5 مصرف جهانی یکایک عناصر خاکی کمیاب در صنایع مختلف
15
جدول 1-6- کشورهای مهم مصرف کننده اکسید عناصر خاکی کمیاب جهای و میزان مصرف آنها در صنایع گوناگون
15

جدول 1-7- قیمت های فلز و اکسیدهای عناصر خاکی کمیاب در سال 1998
15

بخش دوم
جدول 2-1- مقادیر تمرکز عناصر خاکی کمیاب ، آنومالی های Eu,Ce و نسبت های عنصری در شیل های ناحیه ایی مروست
23
جدول 2-2- مقادیر متوسط (٪)REE در تمرکز های مونازیت از آبرفت های مروست
30
جدول 2-3- تجزیه شیمیایی تمرکز های مونازیت از آبرفت های مروست
30

بخش سوم
جدول 3-1- نمونه های خارج از ردیف مثبت معمولی و فوق العاده مقادیر مونازیت آنها
41
جدول 3-2- نمونه های خارج از ردیف مثبت معممولی و مقادیر مونازیت آنها در سطح افقی متر چهارم 43

بخش چهارم
جدول 4-1- نتایج تجزیه کنسانتره های مونازیت برای عناصر خاکل کمیاب در پلاسر محدوده باختری
58
جدول 4-2- پارامتر های آماری عناصر خاکی کمیاب در کنسانتره های مونازیت بر پایه داده های خام
64

بخش پنجم
جدول 5-1- ویژگی توزیع مونازیت در امتداد پرفیل های عرضی
72
جدول 5-2- ویژگی توزیع مونازیت در امتداد پروفیل های طولی
73

بخش ششم

جرول 6-1- مراحل مختلف تخمین ذخیره در پلاسر مونازیت محدوده باختری 81 تا 83
جدول 6-2- عیار اکسید عناصر خاکی کمیاب در کنسانتره مونازیت و میزان ذخیره آنها در پلاسر محدوده باختری 86
جدول 6-3- ارزش اقتصادی اکسید عناصر خاکی کمیاب برای شرایط بازیافت 50، 75 و 100 در صد مونازیت در پلاسر مروست 86

فهرست ضمائم

ضمیمه یک : نتایج گرم در تن مونازیت در نمونه های کانی سنگین و مختصات UTMچاهک های اکتشافی در پلاسر محدوده باختری

فهرست نقشه ها و مقاطع

نقشه شماره 1- نقشه زمین شناسی آبرفت های مونازیت دار محدوده باختری و سنگ های اطراف و بالادست
نقشه شماره 2- نقشه توپوگرافی و موقعیت چاهک های اکتشافی
نقشه شماره3 – توزیع مونازیت در سطح افقی متر اول (Level-1)
نقشه شماره 4 – توزیع مونازیت در سطح افقی متر دوم (Level-2)
نقشه شماره5- توزیع مونازیت در سطح افقی متر سوم(Level-3)
نقشه شماره 6 – توزیع مونازیت در سطح افقی متر چهارم(Level-4)
نقشه شماره 7 – توزیع مونازیت در سطح افقی متر پنجم (Level-5)
نقشه شماره8- توزیع مونازیت در سطح افقی متر ششم(Level-6)
نقشه شماره 9- توزیع مونازیت در سطح افقی متر هفتم (Level-7)
نقشه شماره 10- توزیع مونازیت در سطح افقی متر هشتم(Level-8)
نقشه شماره 11- توزیع مونازیت بر اساس مقدار میانگین آن در هر چاهک اکتشافی

فهرست نقشه ها و مقاطع

نقشه شماره 12- توزیع مونازیت در امتداد پروفیل های عرضی (پروفیل های C تا H)

نقشه شماره13- توزیع مونازیت در امتداد پروفیل های طولی (پروفیل های 1،3،5،7،11،15،17،19)

نقشه شماره 14 – نقشه هم ضخامت آبرفت در پلاسر مونازیت محدوده باختری

2-1- تشکرات

هیچ کار تحقیقاتی و مطالعاتی بدون همکاری و همیاری گروه های مختلف کارشناسان و مسئولین مربوطه امکان پذیر نمی باشد. لذا جا دارد که از کلیه مسئولین سازمانها مخصوصا سازمان زمین شناسی کشور – سازمان صنایع و معادن استان یزد به شرح ذیل تشکر و قدر دانی گردد.

- از آقای مهندس عابدیان معاونت اکتشافی سازمان زمین شناسی کشور که جهت ادامه اکتشاف تلاش صمیمانه ای را داشته اند، تشکر و قدردانی میگردد.
- ازآقای مهندس سودی شعار، آقای دکتر مهر پرتو و آقای مهندس باباخانی به خاطر حمایتهای بی دریغ و راهنماییهایی که ارائه فرموده اند سپاسگذاری می گردد.
- مسئولین محترم سازمان صنایع و معادن استان یزد، آقایان مهندسین برزگر، ایلیایی و پاک سرشت که همکاری های بی شائبه ای در اجرای این پروژه با شرکت مشاور توسعه علوم زمین داشته اند تشکر و قدر دانی میگردد.
- آقای دکتر مسعود علیپور مسئولیت نظارت ارشد پروژه را داشته اند ودر طی بازدیدهای صحرایی و بحث های کارشناسی سازنده از طرف ایشان ارائه شده است، لذا ضمن استفاده از راهنمایی های مشارالیه ، احساس مسئولیت وی قابل ستایش و قدردانی است .
- آقای مهندس محمود رضا علوی نائینی نمونه های کانی سنگین را با دقت و توجه ویژه ای مطالعه نموده اند که از زحمات ایشان تشکر میشود .

– از آقایان مهندسین واعظی پور مدیر عامل شرکت توسعه علوم زمین، آقای مهندس سهیلی قائم مقام شرکت بخاطر همکاریهای بی شائبه شان، آقایان مهندسین محمد فراهانی، فریدون کوزه کنانی و سید جمال الدین رضوانی بخاطر انجام برداشت های صحرایی ، کارهایی GIS و تهیه گزارش و از سرکار خانم ناصری که تایپ گزارش را به عهده داشته اند تشکر میشود.

بخش اول

کلیات

1-1- مقدمه

اکتشافات ژئوشیمیایی – کانی سنگین ناحیه ای در محور یزد – سبزواران، منجر به شناسایی کانی مونازیت (فسفات عناصر نادر خاکی) در رسوبات آبراهه ای جنوب مروست گردید. تجزیه تک مینرالهای مونازیت وجود درصد بالایی از عناصر نادر خاکی را در ترکیب این کانی نشان میدهد که در این میان مقادیر عناصر سریوم، لانتانیوم، نئودیمیوم، ساماریوم، اورپیوم و پرازئودیمیوم قابل ملاحظه است. جایگاه عناصر نادر خاکی در صنایع گوناگون، مقادیر قابل توجه مونازیت در رسوبات آبرفتی جنوب مروست و گسترش این رسبوات، پی جویی و اکتشاف مونازیت را در این ناحیه توجیه مینمود. در راستای اکتشاف مونازیت و عناصرنادر خاکی در مروست، کارشناسانی از کشورهای اوکراین و چین از ناحیه مروست بازدید بعمل آورده و در گزارشات خود وجود مونازیت را در رسوبات آبرفتی تائید نموده و جنوب مروست را بعنوان یک ناحیه مستعد برای اکتشاف مونازیت پیشنهاد کرده اند. در ادامه بررسی هاف گروه اکتشافات ژئوشیمیای سازمان زمین شناسی کشور، جهت اطلاع از تغییرات جانبی و عمقی عیار مونازیت در آبرفتها، حوضه های آبریز تغذیه کننده مونازیت در رسوابت آبرفتی و شناسایی سنگ میزبان این کانی، به نمونه برداری از رسوبات آبرفتی و سنگهای ناحیه اقدام نموده است. در این مرحله، علاوه بر نمونه یگریهای سطحی، دو حلقه چاهک اکتشافی 5 متری نیز در نقاط ثقل ناهنجاریهای مونازیت حاصل از اکتشافات ناحیه ای حفر شده است. بر پایه نتایج مثبت بدست آمده از مرحله پی جویی، دو محدوده جمعا به وسعت تقریبی 5 کیلومتر مربع به اسامی ناهنجاریهای مونازیت مناطق باختری و خاوری برای بررسیهای اکتشافی در مقیاس نیمه تقصیلی (1:2000) پیشنهاد شده است. برداشتهای توپوگرافی، زمین شناسی و اکتشافی در محدوده های مذکور همزمان انجام پذیرفته است. در این محدوده ها بررسی ها شامل تهیه نقشه های توپوگرافی 1:2000، حفر چاهک های اکشافی در شبکه ای به ابعاد 200×200 متر برای منطقه باختری و 200×400 متر برای منطقه خاوری، مطالعه و تجزیه نمونه ها و ترسیم نقشه های توزیع مونازیت در امتداد سطوح افقی و مقاطع قائم بوده است. تهیه نقشه زمین شناسی 1:5000 نیز بخشی از شرح خدمات فاز نیمه تفصیلی بوده است، این نقشه ها برای هر منطقه بطور جداگانه برداشت وترسیم شده که حدود آنها آبرفتهای مونازیت دار، سنگهای اطراف والادست را

شامل میشود. بر اساس نتایج بدست آمده از اکتشافات نیمه تفصیلی مونازیت و عناصر نادر خاکی در محدوده های باختری و خاوری، در حال حاضر تنها آبرفتهای مونازیت دار محدودهب اختری برای اکشتاف تفصیلی، مطالعات کانه آرایی و ارزیابی های فنی – اقتصادی پیشنهادشده است. گزارش حاضر ماحصل اکتشافات تفصیلی مونازیت در محدوده باختری است که بر اساس نتایج بدست آمده، پیشنهادات لازم ارائه گردیده است.

2-1- جغرافیا

محدوده مونازیت باختری در جنوب استان یزد ودر 35 کیلومتری جنوب – جنوب باختری بخش مروست و 16 کیلومتری باختری – جنوب باختر آباد یهای ترکان و هرابرجان واقع است. آبرتف های مونازیت دار محدوده باختری وسازندهای رسوبی تریاس فوقانی – ژوراسیک زیرین بالادست (سنگ میزبان مونازیت) به طول های 00 01 54 تا 10 04 54 خاوری و عرض های 00 16 30 تا 10 19 30 شمالی محدود میشوند. در فاز نیمه تفصیلی نقشه زمین شناسی 1:5000 برای حدود جغرافیایی مذکور تهیه گردیده است، ولی نقشه توپوگرافی 1:2000 که عمدتا آبرفت های مونازیت دار محدوده باختری را دربرمیگیرد به طولهای″20 ′01 °54 تا″45 ′03 °54 خاوری و عرض های″30 ′17 °30 تا″15 ′19 °30 شمالی محدود است.

دسترسی به این منطقه از طریق جاده های آسفالتی یزد – مهریز – مروست، مروست – ترکان – توتک و جاده های خاکی فرعی امکان پذیر است (شکل 1-1). جاده آسفالتی خاتم – هرابرجان – توتک راه ارتباطی شهرستان خاتم و حومه آن با شهرهای خاوری استان فارس است وجاده آسفالتی مروست – خاتم به سمت جنوب و پس از گذر از شهر بابک به سیرجان و بندرعباس وصل میگردد.

در استان یزد، مقدار بیشینه دما در فصول گرم سال 45 درجه سانتیگراد و مقدار کمینه آن در فصل سرد زمستان به 50 درجه سانتیگراد می رسد. مقدار بیشینه بارندگی حدود 200 میلیمتر در ارتفاعات شیرکوه، و مقدار کمینه آن 60 میلیمتر در مناطق پست و کم ارتفاع استان است. فصل های بارش در این استان بهار و زمستان است. با توجه به شرایط آب و هوایی استان یزد، بارش اندک و نامنظم، نوسانات زیاد دما، تبخیر فراوان و پائین بودن سطح آب های زیرزمینی و نامساعد بودن خاک، منطقه با کمبود پوشش گیاهی مواجه است. علاوه بر شرایط نامناسب طبیعی، استفاده های بی مورد و هماهنگ اهالی از این پوشش ناچیز، هر چه فزونتر موجب نابودی و انهدام پوشش گیاهی منطقه می گردد.

شهرهای خاتم، مروست و آبادی های کرخنگان، ترکان، هرابرجان، توتک، رحمت آباد و غیره از مکان های تمرکز جمعیت در منطقه مورد مطالعه هستند. از آنجا که خاتم و مروست از

مناطق حاصلخیر استان یزد به حساب می آیند، لذا حرفه اصلی مردم در این مناطق کشاورزی، باغداری و دامپروری است. محصولات مهم این منطقه عبارت از پسته، انگور، انار، انجیر، گندم، ذرت علوفه ای، محصولات جالیزی و غیره می باشد. آب مورد نیاز منطقه از طریق احداث قنات، حفر چاه های عمیق، چشمه، سدهای خاکی و رودخانه های فصلی تامین میگردد. مردم منطقه مسلمان و دارای مذهب شیعه هستند. زبان مردم فارسی است و به لهجه محلی خود تکلم دارند.

با توجه به شرایط اقلیمی واستعدادهای معدنی استان یزد، سرمایه گذاری های کلان در بخش های صنعت و معدن، می تواند در ایجاد اشتغال و رونق اقتصادی منطقه نقش موثری ایفا نماید.

1-2- پیشینه زمین شناسی واکتشاف

- بررسی اولیه در این منطقه، برداشت و تهیه نقشه زمین شناسی 1:250000 انار است که در سال 1981 توسط گروه یوگسلاوی و سهیلی انجام شده است. بر پایه این نقشه، سازندهای زمین شناسی در محدوده مونازیت دار باختری از قدیم به جدید عبارت است از : سنگ های آهکی – دولومیتی مرمری شده پرمین (P^m_j) ، سنگ های دولومیتی تریاس (TR_2) ، شیل و ماسه سنگ خاکستری (J_1) ، رسوبات آبرفتی قدیمی (Q^t_1) ، رسوبات آبرفتی جوان (Q^t_2) و رسوبات عهد حاضر (Q^{al}) .
- اکتشافات ژئوشیمیایی – کانی سنگین در محور یزد – سبزواران، که ورقه 1:100،000 مروست نیز در چهارچوب این بررسی ها قرار میگیرد. این کاوش ها توسط شرکت Geo-Industrial از کشور جمهوری چک انجام گرفته است. نتیجه مطالعات این گروه، محدده جنوب مروست را مستعد کانی مونازیت و عناصر نادر خاکی معرفی نموده است.
- پی جویی مونازیت در آبرفت های جنوب مروست، که در سال 1382 توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام گرفته است. بر پایه نتایج بدست آمده از این مرحله، دومحدوده جمعا به وسعت تقریبی 5 کیلومترمربع جهت بررسیهای اکتشافی در مقیاس نیمه تفصیلی پیشنهاد شده است.
- اکتشاف نیمه تفصیلی مونازیت و عناصر نادر خاکی در محدوده مونازیت باختری.

- پرعیار سازی مونازیت مروست به روشهای ثقلی و مغناطیسی.

1-3- عناصر نادر خاکی Rare-Earth Elements

1-4-1- تاریخچه

بطور کلی واژه عناصر نادر خاکی برای گروه لانتانیدها که در جدول مندلیف با عدد اتمی 57 برای عنصر لانتانیوم تا 71 برای عنصر لوتسیوم مشخص میباشد، در نظر گرفته شده است. این واژه نخستین بار توسط یوهان گادولین کاشف عنصر ایتریوم در سال 1974 ابداع گردید. واژه Rare Earth از ریشه لاتین Terra Rare به معنی خاک نادر گرفته شده، که بطور مخفف به شکل TR بیان میگردد. Ln علامت دیگری است که از لغت لانتانیدها اخذ و بکار میرود. امرزوه به زعم فن واژه عناصر نادر خاکی را میتوان مترادف عناصر فلزی دانست که نه تنها نادر نیستند، بلکه با فراوانی زیاد همانند عناصری نظیر قلع (40 گرم در تن) که ما آنها را فراوان میدانیم، در پوسته زمین ملاحظه میگردند (جدول 1-1).

بر اساس تعریف اتحادیه بین المللی شیمی محض و کاربردی، در این نوشتار واژه عناصر نادر خاکی برای گروه 15 عنصری لانتانیدها شامل لانتانیوم (La) ، سریوم (Ce)، پرازئودیمیوم (Pr)، نئودیمیوم (Nd)، پرومتیوم (Pm)، ساماریوم (Sm)، اروپیوم (Eu)، گادولینیوم (Gd)، تربیوم (Tb)، دیسپروسیوم (Dy)، هولمیوم (Ho)، اربیوم (Er)، تولیوم (Tm)، ایتربیوم (Yb)، لوتسیوم (Lu) و بعلاوه سه عنصر ایتریوم (Y)، اسکاندیوم (Sc) و توریوم (Th) در نظر گرفته شده است. عنصر پرومتیوم ناپایدار است ودر طبیعت شناخته نشده و بصورت مصنوعی وجود دارد.

عناصر نادر خاکی در گروه IIIA جدول تناوبی قراردارند، این عناصر با علامت *La در جدول اصلی نمایش داده میشوند وگروه بندی اصلی آنها بصورت جدول فرعی جداگانه ای در زیر جدول اصلی فهرست میشود. عنصر ایتریوم نیز بصورت برجسته در گروه IIIA جدول های اصلی و فرعی نمایان است. سه عنصر ایتریوم (عدد اتمی 39)، اسکاندیوم (عدد اتمی 21)، توریم (عدد اتمی 90) از فلزات واسطه گروه IIIA هستند. این عناصر از نظر عدد اتمی در گروه عناصر نادر

خاکی قرار نمی گیرند، ولی بواسطه شباهت شعاع یونی و خواص ژئوشیمیایی، با این گروه از عناصر تواءما" مورد بررسی قرار میگیرند (شکل 1-2).

در ارتباط با عناصر نادر خاکی دسته بندی های گوناگونی اعمال شده است که دو دسته بندی از اعتبار بیشتری برخوردار است. در دسته بندی نخست این گروه 15 عنصری شامل دو زیر گروه میباشد :

1) زیر گروه سریوم یا سبک (TRce) ، شامل عناصر La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd و Th.

2) زیر گروه ایترویم یا سنگین (Try) ، شامل عناصر Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu بعلاوه Y و SC .

در دسته بندی بعدی که معمولا به شکل مثلث بیان میشود، این عناصر به سه زیر گروه تقسیم میگردد :

1) زیرگروه لانتانیوم ، شامل عناصرTh, La, Ce, Pr, Nd .

2) زیرگروه ایتریوم، شامل عناصر Y, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho .

3) زیرگروه اسکاندیوم ، شامل عناصر Sc, Er, Tm, Yb, Lu .

2-4-1- ژئوشیمی

عناصر نادر خاکی به انضمام ایتریوم از گروه عناصر لیتوفیل به شمار می آیند که با سنگ های گرانیتی و ماگماتیسم های آلکالن دارای وابستگی نزدیک هستند. با این تفاوت که عناصر زیرگروه سریوم ضمن حضور در تمام انواع سنگ های آلکالن، در صورتیکه منشاء این سنگ ها از گوشته باشد، تمرکز بیشتری نشان میدهند، حال آنکه عناصر زیرگروه ایتریوم از دیدگاه زایشی بیشتر در سنگ های گرانیتی و ماگماتیسم های گرانیتی آلکالن تمرکز می یابند. بطور کلی سیمای اصلی ژئوشیمیایی این گروه عناصر و نیز ایتریوم را میتوان بصورت زیر خلاصه نمود :

از نظر پتروژنتیکی عناصر نادر خاکی و نیز ایتریوم، با عنصر کلسیم قابل مقایسه هستند، بطوریکه عناصر این گروه بطور ایزومورفیکی قادر به جانشینی با یون کلسیم می باشند. از اینرو در سازندهایی که نسبت 100 TR2O3 / Ca > 1 باشد، احتمال وجود کانی های این عناصر بسیار زیاد بوده و مقادیر کمتر از این میزان، نشانه پراکندگی آنها در متن سنگ خواهد بود. آمفیبول ها و

پیروکسن ها انواع سبک این عناصر و فلدسپات ها انواع سنگین تر را در ساختمان خود متمرکز می سازند. در توده های نفوذی مقدار عناصر نادر خاکی از سنگ های فوق بازیک به سمت سنگ های اسیدی آلکالن افزایش می یابد. در ماگماتیسمهای گرانیتی و در مرحله ماگمایی، کانی های این عناصر یا در متن سنگ و یا در سازندهای وابسته مثل پگماتیت ها، بویژه در انواع دارای منشاء عمیق متمرکز هستند. در ماگماتیسم های آلکالن خصوصا در نوع گرانیت های آلکالن، تمرکز این عناصر در سازندهای ماگمایی پسین مشاهده می گردند. ضمن آنکه بعنوان یک قاعده کلی، این عناصر همیشه در حد مقادیر جزئی در فعالیت های گرمابی نیز حضور دارند.

عناصر نادرخاکی میل ترکیبی شدید با آنیون های F^- , $[CO_3]^{2-}$, $[PO_4]^{3-}$, $[SO_4]^{2-}$ نشان می دهند، بطوریکه با ایجاد کمپلکس، پایداری و قابلیت انحلال این عناصر در یک دامنه وسیع حرارتی با یکدیگر متفاوت میشود. بدین ترتیب که کمپلکس های عناصر زیرگروه TRY و Y نسبت به زیرگروه TRce پایداری بیشتری از خود نشان میدهند. این ویژگی سبب می شود تا در فعالیت های متاسوماتیکی، کمپلکس های عناصر زیرگروه ایتریوم تا مسافت های دورتری حمل شوند. بعلت شباهت شعاع یونی عناصر نادر خاکی با اورانیوم و توریوم، اغلب این گروه در ترکیب دو عنصر مذکور وارد می شوند، که بعدا" بعنوان محصولات جانبی قابل استحصال هستند. لازم به ذکر است که گرایش زیرگروه TRY به اورانیوم نسبت به گرایش TRce به توریوم بیشتر می باشد.

3-4-1- کانی های مهم عناصر نادرخاکی

هرچند اصطلاح کمیاب برای REE انتخاب شده است، با وجود این فراوانی های آنها در طبیعت بیشتر از فراوانی های عناصر نقره، طلا و یا گروه پلاتین می باشد. عناصر سریوم، لانتانیوم و نئودیمیوم فراوان تر از سرب هستند. عناصر نادر خاکی سبک (La تا Gd) فراونتر از عناصر سنگین (Dy تا Lu) می باشند. عناصر نادر خاکی، هرگز بصورت فلزات آزاد در پوسته زمین یافت نمی شوند و همه آنها کانیهایی را تشکیل میدهند که مرکب از مقادیر متعدد REE و غیر فلزها هستند. تاکنون در حدود 300 کانی از انواع عناصر نادر خاکی مورد شناسایی قرار گرفته است که از این تعداد فقط 20 کانی از دیدگاه اقتصادی وا جد معیارهای لازم هستند. باستانزیت، مونازیت و زنوتیم سه کانی با

اهمیت REE از نظر اقتصادی به حساب می آیند. باستانزیت و مونازیت منابع عناصر نادر خاکی سبک هستند و در حدود 95 درصد REE بطور معمول از این دو کانی تولید می شوند. مونازیت همچنین کانه اصلی توریوم است که در بردارنده تا 30 درصد Th در ترکیب خود می باشد. عنصر اورانیوم نیز به تقریب تا 1 درصد ترکیب این کانی را تشکیل میدهد. وجود عناصر توریوم و اورانیوم در ترکیب مونازیت، خاصیت رادیواکتیو به این کانی می بخشد. زنوتیم و آلانیت منبع عناصر نادر خاکی سنگین و ایتریوم هستند.

آپاتیت (کشورهای مستقل مشترک المنافع) و رس های دربردارنده REE (رس لونگ نان، ایالت جیانگسی چین) منابع تجاری دیگر REE هستند. کانی های متعددی نظیر آلانیت (سریوم و ایتریوم دار)، زیرکن (توریوم، ایتریوم و سریوم دار)، اکسنیت و لوپاریت از کانی های با اهمیت کمتر هستند. منبع تجاری اصلی اسکاندیوم، محصول جنبی فرآوری اورانیوم و تنگستن است. مقدار درصد هر یک از عناصر نادر خاکی در پاره ای از کانی های مهم و تجاری REE در جدول 1-2 ارائه شده است.

4-4-1- کانسارهای عناصر نادر خاکی

علیرغم اینکه از زوایای مختلف، طبقه بندی های متنوعی در مورد کانسارهای این عناصر توسط محققین وضع گردیده است، لیکن تمامی این طبقه بندی ها بر این نکته اتفاق نظردارند که این کانسارها را میتوان به دو گروه عمده درونی (اولیه) و بیرونی (ثانویه) دسته بندی نمود. کانسارهای اولیه عناصر نادر خاکی عبارتست از :

1) کانسارهای همراه کربناتیت ها
2) کانسارهای همراه سنگ های آلکالن و پرآلکالن
3) کانسارهای اسکارن
4) کانسارهای همراه پگماتیت ها
5) کانسارهای گرمابی

کانسارهای ثانویه عناصر نادرخاکی شامل انواع پلاسری، رسوبی، دیاژنتیک، دگرگونی و برجای ماندی است که کانسارهای پلاسری و برجای ماندی REE از مهمترین آنها به حساب می آیند. در تمامی موارد فوق کانسارهای با ذخیره 500-400 هزار تن را بزرگ و کمتر از 100 هزار تن را کوچک قلمداد می کنند. ضمن آنکه عیار 2-1 درصد TR2O3 را پرعیار و کمتر از 0/4-0/3 درصد را بعنوان کم عیار در نظر می گیرند.

در ادامه، با توجه به هدف مطالعه به شرح مختصر کانسارهای دیاژنتیک، دگرگونی و پلاسری اکتفا شده است :

کانسارهای دیاژنتیک و دگرگونی : این نوع کانسارها جایگاه پراهمیتی را در بین سایر کانسارها به خود اختصاص میدهند. زیرا علاوه بر وجود عناصر نادر خاکی، حجم بزرگ این توده ها و نیز حضور عناصری چون Au, Ge, Mo, B, U بر هر چه اقتصادی شدن این کانسارها کمک می نماید. نحوه کانی سازی بدین شکل است که دانه های بسیار ریز عناصر نادر خاکی وآلانیت ها که بصورت سنژنتیک و درون لایه ای در سنگ وجود دارد، در اثر دگرگونی ناحیه ای شدید و دگرسانی متاسوماتیک تبلور مجدد حاصل نموده و با رشدی در حدود سانتیمتر بطور انتشاری در متن توده سنگ میزبان نمایان می شوند. تصور میشود که پیش از رخدادهای دیاژنزی و دگرگونی، این عناصر توسط اکسیدهای هیدراته آهن تمرکز حاصل کرده، یا اینکه بوسیله مواد ژلاتینی (مثل رس ها) جذب و در سنگ مادر به شکل پرعیار تجمع یافته اند. از کانسارهای نوع دگرگونی مکان های چندی شناسایی شده است که با اهمیت ترین آنها گنایس های مونازیت دار واقع در Music Valley و عدسی های مرمری مونازیت دار در شیست های Lennhi کلرادو – آمریکا است که در حال بهره برداری هستند.

بررسی های انجام یافته نشان میدهد که کانی سازی مونازیت در شیل های تریاس فوقانی – ژوراسیک زیرین ناحیه مروست – ایران از نوع دیاژنتیک و دگرگونی حرارت پایین است. علاوه بر مروست این نوع کانی سازی در شیل های تریاس فوقانی – ژوارسیک زیرین نواحی اردکان، آباده، شورجستان، سمیرم، ورچه، محلات، خبر، ده بید از زون سنندج – سیرجان نیز شناسایی شده است.

کانسارهای پلاسری: یکی از منابع مهم عناصر نادر خاکی ، کانی های مونازیت و زنوتیم هستند. وزن مخصوص بالا، مقاومت در برابر حملات فیزیکی – شیمیایی، سنگ مادر مناسب، شرایط اقلیمی، وضعیت ژئومورفولوژی، ژئوتکنیکی و هیدرودینامیکی از جمله عوامل موثری هستند که در تشکیل اینگونه کانسارها نقش تعیین کننده ای را به عهده دارند. با وجود اینکه کانی مونازیت عمده ترین منبع عناصر نادر خاکی در این گروه کانسارها محسوب می گردد، ولی نسبت به سایر کانی های سنگین پلاسرها، از نظر گسترش و مقدار سهم کمتری را دارا است، بطوریکه متوسط عیار مونازیت در پلاسرها کمتر از یک درصد است و در بعضی موارد مثلا در پلاسرهای ایلمنیتی هندوستان این میزان از 1 تا 2 درصد نیز بالغ می گردد. متوسط عیار اقتصادی مونازیت درکانسارهای پلاسری کم عیار و پرعیار به ترتیب 800 و 8000 گرم در تن برآورد شده است. با وجود این بهره برداری اقتصادی از مونازیت و زنوتیم، درصورت وجود کانی های ایلمنیت، زیرکن، روتیل، کاسیتریت یا حتی طلا مقرون به صرفه خواهد بود. در هر صورت این کانسارها از ماسه های ساحلی دریاها و رسوبات آبرفتی رودخانه ها در استرالیای غربی، آمریکا، تایلند، هندوستان، سریلانکا، اندونزی، مالزی وکره شمالی بهره بردرای می شوند. کانسارهای پلاسری استرالیا، تایلند و آمریکا بیشتر از نوع ساحلی، در صورتیکه کانسارهای کره شمالی، برزیل، هندوستان و سریلانکا کانی های REE محصول جانبی معدنکاری روتیل و ایلمنیت، در صورتیکه در تایلند، مالزی و اندونزی آنها محصول جانبی معدنکاری قلع پلاسری هستند. مونازیت مروست در ایران از پلاسرهای نوع آبرفتی است و حاصل هوازدگی شیلهای تریاس فوقانی – ژوراسیک زیرین میباشد.

5-4-1- ارزیابی اقتصادی و تولیدکنندگان عمده :

با وجود اینکه کانسارهای به نسبت زیادی در سطح جهان مورد ارزیابی و بهره برداری قرار دارد، لیکن اطلاعات موجود نشان میدهد که تنها تعداد اندکی از کشورها بعنوان تولیدکنندگان اصلی مطرح هستند. ذخایر بزرگی از کانی های عناصر نادر خاکی در دنیا وجود دارد که بزرگترین آنها در کشور چین واقع می باشند. ذخایر مهم دیگری از عناصر نادر خاکی در استرالیا، جمهوری های

شوروی سابق، ایالات متحده، برزیل، کانادا، هندوستان و ویتنام قرار دارند. علاوه بر این، پارهای از کانسارهای عناصر نادر خاکی در آفریقای جنوبی، مالزی، اندونزی، سریلانکا، مغولستان، کره شمالی، افغانستان، عربستان سعودی، ترکیه، نروژ، یونان، نیجریه، کنیا، تانزانیا، بروندی، ماداگاسکار، موزامبیک و مصر پیدا شده اند.

داده های موجود نشان می دهد که در دهه 1970 کشور چین 74 درصد ذخایر جهانی عناصر نادر خاکی را دارا بوده است، ولی این میزان به 69 درصد در دهه 1980 و 45 درصد در دهه 1990 کاهش پیدا نموده است ، که دلیل اصلی آن کشف کانسارهای بزرگ و خیلی بزرگ عناصر نادر خاکی در کشورهای استرالیا (کانسار مونازیت مونت ولد)، روسیه (کانسار Tuomutur همراه با کربناتیت های هوازده)، برزیل (کانسارهای Araxia و Zaislogusji همراه با کربناتیت های هوازده)، کانادا (کانسار هیلاریا در کبک) و ویتنام (کانسار Maosai) بوده است، که برخی از آنها دارای بیش از 10 میلیون تن REO بوده اند. با وجود این، چین، هنوز بزرگترین کشور دارنده ذخایر عناصر نادر خاکی در جهان است و به نظر می آید که این شرایط برای یک مدت طولانی حفظ شود. ذخایر جهانی عناصر نادر خاکی در جدول 1-3 ارائه شده است که کشور چین با داشتن 43 درصد ذخایر REE جهان در صدر قرار دارد. درسال 1998 چین و ایالات متحده از تولید کنندگان عمده عناصر نادر خاکی در جهان بوده اند و مقادیر کمتری نیزدر کشورهای برزیل، هندوستان، مالزی، سریلانکا، جمهوری های شوروی سابق و زئیر معدنکاری شده بود است.

کل عناصر نادر خاکی از پنج کانی باستانزیت، مونازیت، زنوتیم، لوپاریت و رس های دربردارنده REE تولید می شوند. باستانزیت و مونازیت عموما دارای عناصر زیرگروه سریوم (لانتانیوم تا گادولینیوم)، در صورتیکه زنوتیم و رس های جاذب یون بیشتر غنی از ایتریوم و عناصر زیرگروه ایتریوم هستند. میزان تولید جهانی کانی های عناصر نادر خاکی در طول سالهای 1995 تا 1998 در جدول 1-4 ارائه شده است که بیشترین تولید از آن باستانزیت و رس های جاذب یون بوده است. در شکل 1-3 نیز درصد تولید جهانی REO از کانی های عناصر نادر خاکی نمایان است که بیشترین تولید REO از کانی های باستانزیت و رس های جاذب یون بوده است. درصد تولید جهانی REO از کانی های لوپاریت و مونازیت در سال 1997 به ترتیب 8 و 6 درصد بوده است که روسیه و

قرقیزستان با تولید 1500 تن لوپاریت مقام نخست راداشته است و کانی مونازیت نیز عموما توسط کشورهای استرالیا، چین، برزیل، هندوستان، مالزی و ... تولید شده است.

درصد تولید جهان REO توسط کشورهای تولید کننده مهم در شکل 1-4 ارائه شده است که کشورهای چین (63 درصد)، ایالات متحده (25 درصد)، روسیه (8 درصد)، هندوستان (3 درصد) از تولید کنندگان عمده REO جهان در سال 1997 بوده اند.

تولید جهانی اکسیدهای عناصر نادر خاکی از کانسارهای مختلف از سال 1950 تا 2000 در شکل 1-5 ارائه شده است. دراین شکل تولید REO در چهار دسته نمایان است :

- از سال 1950 تا 1965 کل تولید جهانی REO از کانسارهای پلاسری مونازیت بوده است.
- از سال 1965 تا 1984 تولید جهانی REO از کانسارهای مانتین پاس ایالات متحده و پلاسرهای مونازیت کشورهای دیگر بوده است.
- از سال 1984 تا 1991 تولید جهانی REO از رس های جاذب یون چین، مانتین پاس ایالات متحده و پلاسرهای مونازیت کشورهای دیگر بوده است.
- از سال 1991 تا 2000 از سهم کانسارهای پلاسری مونازیت و تا حدودی مانتین پاس در تولید جهانی REO کاسته شده و سهم رس های جاذب یون چین در این میان برجسته شده است.

1-4-6- قیمت ها و بازار مصرف

تا قبل از ورود کانی باستانزیت به بازار مصرف، عمده معاملات جهانی براساس کانی مونازیت استوار بوده است. لیکن بعد از این تحول، در بازار جهانی نوسانات و تغییرات زیادی صورت گرفت، بنحویکه بسیاری از کانسارهایی که معاملات اقتصادی تولید آنها بر مبنای تولید کانی مونازیت مطرح بود، با کاهش تقاضا روبرو شده و در بسیاری از موارد خصوصا" در استرالیا، این معادن تعطیل و یا با کاهش تولید مواجه گردیدند. در هر صورت حجم معاملات انجام شده در سال 1988 بالغ بر 358 میلیون دلار بوده است ، که این میزان در سال 1997 به 650 میلیون دلار افزایش یافته است که ایالات متحده، ژاپن، چین، اروپای غربی، جنوب شرق

آسیا و کشورهای دیگر سهم عمده ای در این معاملات داشته اند ، که ژاپن از نظر تقاضا در صدر قرار داشت.

عناصر نادر خاکی در صنایع کاتالیست، شیمیایی، متالورژی، سرامیک، شیشه، الکترونیک، فیبر نوری، مغناطیسِی، هسته ای، اجسام تابنده و غیره بکار گرفته میشوند. مصرف یکایک اکسید عناصر نادر خاکی در صنایع مختلف در سال 1997 در جدول 1-5 ارائه شده ا ست. درسال 1997 کل مصرف اکسید عناصر نادر خاکی جهان 61125 تن بوده است که اکسید سریوم با 33310 تن مصرف مقام نخست را داشته است واکسیدهای عناصر نئودیمیوم (9980 تن)، ایتریوم (5480 تن)، و ساماریوم (2585 تن) در مکان های بعدی قرار دارند و کمترین میزان مصرف مربوط به اربیوم (5 تن) بوده است. داده های جدول 1-5 نشان می دهد که اکسید عناصر نادر خاکی سبک (لانتانیوم، سریوم، پرازئودیمیوم و نئودیمیوم) معمولا در صنایع گوناگون بکار گرفته می شوند ولی میزان مصارف آن درکاتالیست ها، شیشه و متالورژی بیش از صنایع دیگر بوده است. برای مثال میزان مصرف اکسید سدیوم در سال 1997، 33310 تن بوده است که 12500 تن آن در کاتالیست ها، 15100 تن در شیشه، 3800 تن در متالورژی و مابقی آن در صنایع دیگر مصرف شده است. در صورتیکه عناصر نادر خاکی سنگین (زیرگروه ایتریوم) تنها در صنایع سرامیک، اجسام تابنده (لامپ تصویر، لامپهای فلوئورسنت و ...)، هسته ای، فیبر نوری مورد استفاده قرار میگیرند.

ژاپن و جنوب شرق آسیا، ایالات متحده، چین، اروپا و کشورهای دیگر از مصرف کنندگان عمده اکسید عناصر خاکی در جهان هستند. در سال 1997 کل مصرف REO جهان 66000 تن بوه است که ژاپن و جنوب شرق آسیا با 24500 تن مصرف در صدر قرار داشته و ایالات متحده مقام دوم مصرف جهان را دارا بوده است. در سال 1997 کل مصرف ایالات متحده 18500 تن بوه است که 46 درصد آن در کاتالیست های مبدل در وسائط نقلیه25 درصد در کاتالیست های تصفیه نفت، 12 درصد در آهن رباهای دائمی، 7 درصد در صنایع شیشه و سرامیک، 7 درصد در صنایع متالورژی و تهیه آلیاژهای خاص، 3 درصد در اجسام تابنده (لامپ های تصویر،

فلوئورسنت و لیزر) و کمتر از 1 درصد آن در صنایع گوناگون بکار گرفته شده است (جدول 1-6).

قیمت های عناصر نادر خاکی بسته به فاکتورهای زیر تغییرات خیلی زیادی دارند :

- فراوانی طبیعی هر عنصر نادر خاکی در یک کانسنگ خاص
- میزان دسترسی به کانسنگ های این عناصر
- درجه خلوص عنصر نادر خاکی یا ترکیبات آن
- میزان عرضه و تقاضا برای عناصر نادر خاکی
- منابع معدنی عناصر نادر خاکی

اگرچه نوسانات به نسبت کمی در قیمت های REE وجود داشته است، ولی در دهه های گذشته بروز مسائلی سبب تغییراتی در قیمت های این عناصر شده است ،که مهمترین آنها عبارت بوده است از :

- تا سال 2000 بدلیل بحران های اقتصادی آسیا، میزان عرضه این عناصر بیشتر از تقاضای آنها بوده ، و سبب کاهش قیمت گردیده است.
- در اوایل دهه 1990 بدلیل ادغام دو منبع بزرگ و جدید REE (یعنی Rhone و Molycorp) قیمت های REE افزایش یافته است. برای اینکه این دو شرکت تا مدت های طولانی تولید کننده های رقیب بوده اند.
- افزایش ظرفیت تولید REE چین از سال 1991 سبب کاهش قیمت این عناصر گردید ، که دلیل اصلی آن کشف کانسنگ های جاذب یون کم نظیر در این کشور بوده است.
- بدلیل فروپاشی شوروی سابق در اکتبر 1991، حجم زیادی از کنسانتره های عناصر نادر خاکی برای اولین بار در بازارهای جهانی در دسترس قرار گفت و بهمین خاطر قیمت عناصر نادر خاکی در اوایل دهه 1995 رو به کاهش بوده است.

با وجود این قیمت های ترکیبات و کانی های عناصر نادر خاکی، درمقام مقایسه با بسیاری از عناصردیگر رشد چشمگیری رانشان می دهد که حاکی از سود دهی معدنکاری و صنعت این عناصر است. به هر حال شمه ای از قیمت ها بدین ترتیب بوده است که در سال 1976 یک تن

باستانزیت 660 و مونازیت 225 دلار آمریکا، در سال 1983 یک تن از این کانی ها بصورت تغلیظ شده به ترتیب 2430 و 400 دلار و در سال 2003 یک تن از این کانی ها به ترتیب 3800 و 730 دلار آمریکا قیمت گذاری شده است.

قیمت های فلز و اکسید عناصر نادر خاکی در سال 1998 در جدول 1-7 ارائه شده است که عناصر لوتسیوم، اروپیوم، اربیوم و دیسپروسیوم بدلیل فراوانی پوسته ای کم و جایگاه صنعی خود شان فوق العاده گران قیمت هستند. شکل 1-6 قیمت های فلز و اکسید عناصر نادر خاکی با درجه خلوص 95 و 99/9 درصد را در سال 2000 نشان می دهد.

بخش دوم

زمین شناسی ، ژئوشیمی و گانی شناسی

1-2- زمین شناسی

محدوده مورد مطالعه در بخش جنوب خاوری زون سنندج – سیرجان و در مرز با زون ایران مرکزی واقع است. این منطقه شامل سنگهای رسوبی با روند عمومی شمال باختری – جنوب خاوری است. کهن ترین نهشته های منطقه متعلق به پالئوزوئیک است که سنگ های پی را تشکیل داده واغلب دگرگون شده اند. این سنگ ها که در قسمت شمالی محدده مورد مطالعه برونزد دارند، توسط گسل مروست – هرات با راستای NNW-SSE از فرو رفتگی کویر صاحب آباد – مروست جدا شده اند. این گسل در کواترنری نیز فعال بوده و دیواره خاوری آن نسبت به دیواره باختری پائین تر افتاده است.

پرمین دگرگون شده و نیز غیر دگرگونی کهن ترین واحد سنگی در محدوده مورد مطالعه است. بخش کهن تر نهشته های مزوزوئیک شامل سنگ های رسوبی دگرگون شده تریاس میانی و سنگ های کمتر دگرگون شده تریاس فوقانی – ژوراسیک است، ولی بخش بالایی که شامل سنگ های رسوبی و آتشفشانی کرتاسه است، بطرف جنوب باختری در خارج از محدوده مورد مطالعه گسترده هستد. این سنگ ها یا دگرگون نشده اند و یا دگرگونی بسیار ضعیفی را تحمل نموده اند. رسوبات دشت های قدیم (Q^t_1) ، جوان (Q^t_2) و رودخانه ای جوان (Q^{al}) که جنس سازندهای آنها متاثر از سنگ های اطراف و بالادست است، بخش های جنوب باختری ، شمالی و شمال خاوری محدوده را دربرگرفته اند که رسوبات دشت جوان و رودخانه ای جوان در بخش شمالی و شمال خاوری محدوه، دربردارنده کانی مونازیت هستد. در مرحله اکتشافات نیمه تفصیلی مونازیت در آبرفت های جنوب مروست، برای این محدوده نقشه زمین شناسی 1:5000 برداشت و تهیه شده است. این نقشه رسوبات آبرفتی مونازیت دار محدوده باختری و سنگ های اطراف و بالادست را دربر میگیرد و برای نمایش در کاغذ A1 در مقیاس 1:10000 پلات گرفته شده است. سازندهای زمین شناسی در چهارگوش زمین شناسی تهیه شده از قدیم به جدید عبارت است از :

1-1-2- پرمین

سنگ های دگرگون شده و غیر دگرگونی پرمین، کهن ترین واحد سنگی را در این محدوده تشکیل می دهند. بخش پائین این توالی رسوبی شامل مارن، سنگ آهک و شیل کربناتی است که بر روی سنگ آهک تخریبی قرار می گیرند. بخش بالایی آن شامل سنگ آهک ماسه ای، ماسه سنگ، مارن و شیل است که بر روی آنها ماسه سنگ کوارتزیتی، سنگ آهک سیاهرنگ، شیل و سنگ آهک سفید رنگ ریفی قرار می گیرد. در نقشه زمین شاسی این واحد سنگی بنام سنگ های آهکی مرمری شده وبا علامت P^m_j نشان داده شده است. افزون بر واحدهای سنگی پرمین، سنگ های دگرگونی پالئوزوئیک در خارج از محدوده مورد مطالعه در قالب کمپلکس های جداگانه هرات و مروست گزارش شده اند که توصیف آنها خارج از موضوع گزراش حاضر میباشد. در تصویر 2-1 همبری واحدهای سنگی پرمین، تریاس میانی با رسوبات دشت جوان، رودخانه ای جوان و توالی شیلی – ماسه سنگی تریاس فوقانی – ژوارسیک نشان داده شده است.

شکل 2-1- همبری واحدهای سنگی پرمین و تریاس میانی با رسوبات کواترنری و توالی شیلی – ماسه سنگی تریاس فوقانی – ژوراسیک. (نگاه به سمت باختر)

2-1-2- تریاس میانی

برونزد کوچکی از نهشته های تریاس در شمال – شمال باختر محدوده مورد مطالعه شناخته شده ، که شامل دولومیت تیره رنگ است. این سنگ ها از نظر همانندی لیتولوژیکی با سازند شتری درخور مقایسه بوده و متعلق به تریاس میانی است. ارتباط آنها با نهشته های پرمین گسله است. در نقشه زمین شناسی این سازند با علامت T2 نشان داده شده است.

2-1-3- تریاس بالایی – ژوراسیک

نهشته های متعلق به تریاس بالایی – ژوراسیک بخش عمده ای از محدوده مورد مطالعه را در شمال ، باختر ، جنوب و مرکز آن در برمی گیرند. در چهارگوش زمین شناسی 1:250000 انار، این نهشته ها در جنوب باختری نقشه و میان آبادی های هرابرجان و توتک مشاهده میشوند. این ترادف سنگی در گسترده ترین بخش خود به شکل تاقدیس و ناودیس با عرض 9 کیلومتر هستند. در بخش جنوبی همبری آنها با نهشته های دگرگون شده کمپلکس هرات بصورت گسله است، در بخش های شمال وشمال خاوری نیز با سازندهای کهن تر همبری گسله نشان میدهند. در مکانهای دیگر، رسوبات آبرفتی کواترنری روی آنها را پوشانده و وابستگی چینه شناسی آنها را با دیگر واحدها قطع کرده است. این نهشته ها دگرگونی ضعیفی را در حد رخساره پرهینیت – پرمپلیت تحمل نموده اند و از لحاظ سنگ شناسی از قدیم به جدید به چهار بخش تقسیم گردیده اند که بخش یک این ترادف سنگی، هدف این مطالعه می باشد. واحدهای سنگی بخش یک هم ارز با سازند شمشک است و خود به دو قسمت پائینی و بالایی تقسیم می شوند :

- قسمت پائینی شامل شیل های کربناتی با رنگ ظاهری خاکستری تا زیتونی بامیان لایه هایی از مارن، سنگ آهک ، میکروکنگلومرا، ماسه سنگ و شیل های کربناتی سیاهرنگ است. در نقشه زمین شناسی این واحد چینه ای با علامت T. SH.S. نشان داده شده است. قسمت بالایی شامل ماسه سنگ با میان لایه هایی ازسیلتستون و شیل است که در ادامه آنها سنگ های آهکی نازک لایه دانه ریز زرد رنگ قرار گرفته است. در نقشه زمین شناسی این واحد چینه ای با علامت T3J1S.SH. نشان داده شده است. تصویر شکل 2-2 با نگاه به سمت

جنوب باختر از بخش یکم ترادف سنگی تریاس فوقانی – ژوراسیک تهیه شده است که همبری پیوسته واحدهای سنگی قسمت های پائینی و بالایی را نشان میدهد.

شکل 2-2- شیل های کربناتی با میان لایه هایی از سنگ آهک، میکروکنگلومرا، شیل سیاه وماسه سنگ در همبری پیوسته با ماسه سنگ های قسمت فوقانی (نگاه به سمت جنوب باختر) .

رگه های سفیدرنگ از جنس کوارتز و کلسیت سنگ های بخش یکم را قطع نموده اند. ضخامت این رگه ها از چندین 10 سانتیمتر متجاوز نیست (شکل 2-3). بررسی های ژئوشیمیایی بر روی این رگه های سیلیسی نشان می دهد که آنها به احتمال خیلی زیاد از دیاژنز و دگرگونی درجه پائین ترادف شیلی – ماسه سنگی تریاس فوقانی – ژوراسیک ناشی شده اند.

شکل 2-3- رگه های سیلیسی که شیل های دگرگونه را در جهات مختلف قطع نموده اند. (نگاه به سمت جنوب)

در محدوده مورد مطالعه، رگه های سیلیسی دیگری نیز مشاهده می شوند، این قبیل رگه های سیلیسی به موازات جهات امتداد طبقات رسوبی رخنمون دارند. ضخامت رگه های سیلیسی مذکور به حدود 30 تا 40 متر و طول آنها به 150 متر می رسد (شکل 2-4). بررسی های انجام یافته ، نشان می دهد که این نوع از رگه های سیلیسی به احتمال زیاد نشانه فعالیت پس ماگمایی توده های نفوذی اسید تا حد واسط سیمرین میانی (باژوسین – باتونین) در عمق هستند که با نفوذ در ناحیه و بالا بردن گرادیان حرارتی، زمینه دیاژنز و دگرگونی درجه پائین ترادف سنگی ترياس فوقانی – ژوارسیک زیرین و سازندهای قدیمی تر را فراهم آورده و در چرخه سیالات و زایش کانسارهای دیاژنتیک ناحیه نقش موثری ایفا نموده اند.

شکل 2-4- رگه سیلیسی که به موازات جهت امتداد عمومی طبقات رسوبی رخنمون داشته و نشانه فعالیت توده های نفوذی درعمق میباشد.

کاوش های زمین شناسی و اکتشافی در جنوب مروست نشان داده است ، که شیل های کربناتی سیاه قسمت پائینی از بخش یکم ترادف سنگی تریاس فوقانی – ژوارسیک زیرین، میزبان نودول هایی از کانی مونازیت (فسفات عناصر نادر خاکی) است (شکل 2-5). مطالعات سنگ نگاری، ژئوشیمیایی و ... ثابت می نماید که این نوع مونازیت در نتیجه دیاژنز ترادف شیلی – ماسه سنگی تریاس فوقانی – ژوراسیک زیرین در سنگ های شیلی شکل گرفته است.

شکل 2-5- نودول های عدسی شکل و کیک مانند مونازیت در شیل های کربناتی سیاه مروست

4-1-2- کواترنری

رسوبات کواترنری در محدوده مورد مطالعه شامل رسوبات دشت جوان و رودخانه ای جوان است، این رسوبات بخش هایی از محدوده مورد مطالعه را در شمال و شمال خاوری آن در برگرفته و همبری گسله میان ترادف سنگی تریاس فوقانی – ژوراسیک را با سازندهای تریاس میانی و پرمین می پواشنند. اجزای سازنده آنها حاصل هوازدگی سنگ های دگرگونی پالئوزوئیک، دولومیت های تریاس، ترادف شیلی – ماسه سنگی – آهکی تریاس فوقانی – ژوراسیک و رگه های سیلیسی و کلسیتی می باشد. اندازه مواد سازنده رسوبات از حد رس و سیلت تا قطعاتی به طول تا 20 سانتیمتر تغییر می کند، ولی در این میان درصد ذرات با اندازه کمتر از 5 سانتیمتر بیشتر است. ضخامت این رسوبات از دامنه ارتفاعات به سمت دشت زیاد می شود. رسوبات دشت جوان و رودخانه ای جوان دربردارنده کانی مونازیت است که این کانی ناشی از فرسایش سنگ های شیلی بالادست می باشد. آبرفت های مونازیت دار محدوده مورد مطالعه دارای ابعاد تقریبی 2×1 کیلومتر است و ضخامت آن از 0/5 تا 10 متر متغیر است و در میان سازندهای پرمین و تریاس فوقانی – ژوراسیک محصور شده اند (شکل 2-1). رسوبات دشت جوان و رودخانه ای این محدوده بعنوان نخستین اندیس پلاسری مونازیت در کشور مطرح است و اکتشاف تفصیلی مونازیت و عناصر نادر خاکی در آبرفت های مذکور هدف اصلی گزارش حاضر می باشد.

2-2- ژئوشیمی شیل ها

چنانکه در بخش زمین شاسی اشاره گردید، ترادف سنگی تریاس فوقانی – ژوراسیک در جنوب مروست به چهار بخش تقسیم گردیده است که بخش یکم آن دارای دو قسمت زیرین و فوقانی است.

قسمت زیرین عموما از شیل با میانلایه هایی از سنگ آهک، سنگ آهک ماسه ای، ماسه سنگ کرکبناتی و کنگلومرا تشکیل یافته است، در صورتیکه قسمت فوقانی شامل ماسه سنگ و ماسه سنگ کربناتی است که میان لایه هایی از شیل و شیل کربناتی را دربردارند. مطالعات سنگ نگاری نشان می دهد که شیل های بخش یکم توالی رسوبی ناحیه مروست عبارت از شیل، شیل کربناتی، شیل

ماسه ای، شیل دگرگونه، شیل سیلیسی – کلریتی و شیل کربن دار است. از ویژگی برجسته شیل های قسمت زیرین (بویژه شیل های سیاه) وجود نودول های پراکنده ای از کانی مونازیت در آنها است. از اینرو، در این مبحث به توصیف ژئوشیمی عناصر نادر خاکی در شیل های ناحیه اکتفاء گردیده است.

مقادیر تمرکز عناصر نادر خاکی (REE) ، آنومالی های Eu , Ce و نسبت های عنصری سنگ های مختلف شیلی در جدول 2-1 ارائه شده است. بررسی آماری داده های ژئوشیمیایی نشان میدهد که مقادر کمینه و بیشینه REE در شیل های ناحیه مروست به ترتیب 83 و 266 گرم در تن بوده و میانگین آن 149 گرم در تن اندازه گیری شده است. اگرچه در سنگ های شیلی تغییرات قابل ملاحظه ای میان مقادیر REE مشاهده نمیشود، با این حال مقادیر بیشینه REE مربوط به شیل های ماسه ای – کربناتی است که دربردارنده میان لایه هایی از شیل های کربن دار هستند. میانگین مقادیر REE شیل، ماسه سنگ ها و سنگ های آهکی به ترتیب 149، 78 و 72 گرم در تن است و از شیل ها به سمت سنگهای آهکی کاهش می یابد.

الگو های REE نرمالایزه شده به کندریت، تمامی نمونه های شیلی ناحیه مروست در نمودار 2-6 ارائه شده است. اگرچه الگوی REE سنگ های شیلی ناحیه مروست انطباق کاملی با یکدیگر دارند، ولی پاره ای از نمونه های شیلی دارای مقادیر LREE و MREE بیشتر از نمونه های شیلی دیگر می باشند، این قبیل شیل ها افق های نارکی از شیل های سیاه را دربردارند که میزبان کانی مونازیت هستند. افق های شیلی مونازیت دار عمدتا به قسمت زیرین از بخش یکم ترادف چینه ای تریاس فوقانی – ژوارسیک محدود می شوند ولی گاه در قسمتهای فوقانی نیز تکرار می شوند.

شکل 2-6- الگوهای REE نرمالیزه شده به کندریت شیل های ناحیه مروست که غنی شدگی LREE و MREE نمونه های شیلی در مقیاسه با کندریت کاملا مشهود است.

الگوهای REE نرمالیزه شده به متوسط شیل های آرکئن پسین نمونه های شیلی ناحیه مروست در شکل 2-7 ارائه شده است. اگر چه روندهای مشابهی در الگوی REE شیل های با ترکیب مختلف مشاهده می شود، اما بسیاری از نمونه های شیلی درمطالعه حاضر، در مقایسه با متوسط شیل های آرکئن پسین نسبت به REE ها تهی شدگی نشان می دهند. در این میان، میزان تهی شدگی به HREE<MREE<LREE می باشد و بیشترین مقدار تهی شدگی به REE ها در شیل های ماسه ای و کربناتی واحد قسمت پائینی مشاهده می شود. در این الگوها، تعداد اندکی از نمونه های شیلی در مقایسه با متوسط شیل های آرکئن پسین نسبت به LREE و MREE غنی شدگی دارند، ولی میزان غنی شدگی در MREE ها بیشتر از L REE ها است. این قبیل از نمونه های شیلی که عمدتا به واحدهای چینه ای قسمت پائینی محدود می شوند، دربردارنده لایه های نازکی از شیل های سیاه مونازیت دار هستند، در حالیکه ماسه سنگها، سنگهای آهکی و پاره ای سنگهای شیلی ردیف چینه ای ناحیه در مقایسه با متوسط شیلهای آرکئن پسین در مقادیر LREE و MREE تهی شدگی دارند. تهی شدگی و غنی شدگی عناصر نادر خاکی در شیلهای ناحیه مورد مطالعه ناشیاز تحرک REE ها (بویژه MREE و LREE ها) در اثر فرآیندهای دیاژنز پیشین و تمرکز دوباره آنها در شیل های سیاه بوده است. به نظر می آید که مواد آلی در ایجاد شرایط احیایی و شکست کمپلکس های REE و نهشت آنها نقش مهمی بازی نموده اند.

شکل 2-7- الگوهای REE نرمالیزه شده به PAAS شیل های ناحیه مروست ; که غنی شد گی به MREE و LREE در برخی از نمونه ها نمایان است .

در محدوده مورد مطالعه، مقادیر La از کمینه 19/1 گرم در تن در یک شیل ماسه ای – کربناتی تا 56/4 گرم در تن در شیل کربناتی تغییر می نماید، در صورتیکه تمرکز Yb از 1/01 تا 2/22 گرم در تن تغییر مینماید. نسبت های La/Yb از 11/08 تا 24/27 در نوسان است که بیان از غنی شدگی شیل های ناحیه نسبت به LREE ها است و میزان غنی شدگی به LREE ها در میان نمونه های شیلی ناحیه متفاوت می باشد. مقادیر GdN/YbN در دامنه 1/7 تا 2/76 قرار می گیرد که غنی شدگی پاره ای از سنگهای شیلی محدوده مورد مطالعه را به MREE ها نشان میدهد و چنین تغییراتی در نسبت یاد شده ناشی از حضور نودول های مونازیت در شیل های سیاه است. مقادیر La/Sm از 3/1 تا 5/25 تغییر می کند. نسبت های La/Lu از 11/04 تا 24/36 و مقادیر Sm/Nd از 0/17 تا 0/21، و Eu/Sm از 0/116 تا 0/24 در تغییر است (جدول 2-1).

ارزیابی های اقتصادی نشان میدهد که در کانسارهای عناصر نادر خاکی، عیار 2-1 درصد TR2O3 را پرعیار و کمتر از 0/4 – 0/3 درصد را بعنوان کم عیار در نظر می گیرند. در شیل های ناحیه مروست که سنگ میزبان کانی مونازیت شناخته شده اند، میانگین REE برابر با 149 گرم در تن ومقدار بیشینه آن 266 گرم در تن برآورد شده است، که خیلی پائین تر از مقادیر کانسارهای کم عیار عناصر نادر خاکی است، از اینرو اکتشاف عناصر نادرخاکی در محیط سنگی مروست توصیه نمی شود.

3-2- نودول های مونازیت در رسوبات آبرفتی مروست

اکتشافات ژئوشیمیایی – کانی سنگین ناحیه ای، نودول های میلیمتری و عدسی شکل کانی مونازیت (فسفات عناصر نادر خاکی ، را در آبرفت های جنوب مروست به ثبوت رسانده است. پی جویی و اکتشافات بعدی نیز تمرکز شایان توجهی از این کانی را در دو مکان از آبرفت های جنوب مروست نشان می دهد. از آنجائی که، کانی مونازیت بدلیل پایداری فیزیکی، شیمیایی و وزن مخصوص بالای خود در رسوبات آبرفتی (Qal, Qt2) انباشته شده است، از اینرو برای مطالعه مونازیت و جداسازی دانه های آن، از تغلیظ به روش لاوک شویی استفاده شده است. در این شیوه نمونه های معرف رسوبات آبرفتی مراحل مختلف وزن سنجی، سرند توسط الک 20 مش، گل شویی، لاوک شویی،

بروموفرم گیری و جدایش مغناطیسی را پشت سر گذاشته و در نهایت کانی مونازیت از سایر سازندهای بخش سنگین نمونه ها جدا میشود. دانه های مونازیتی که از تغلیظ رسوبات آبرفتی بدست می آیند، با استفاده از روش های مختلف مطالعه شده اند که در ادامه به توصیف نتایج این مطالعات پرداخته میشود.

1-3-2- خواص فیزیکی و میکروسکپی مونازیت مروست

اندازه دانه های مونازیت در آبرفت های جنوب مرست از 0/1 تا 2 میلیمتر تغییر میکند که دانه های 0/3 تا 0/8 میلیمتری غالب هستند. نودول های مونازیت دارای رنگ خاکستری و خاکستری متمایل به سبز و رنگ خاکه سفید متمایل به خاکستری هستند. مونازیت مروست به شکل های عدسی، بیضوی و بسان کیک پهن مشاهده می شوند (شکل 2-8). کانی هایی نظیر کوارتز، کلسیت، سریسیت (موسکوویت دانه ریز)، کلریت و آلبیت بصورت هر دوی میانبار و حاشیه ای در ساختمان نودول های مونازیت حضور دارند. دانه های مونازیت در حاشیه خود ترکیبی از کانی های سریسیت، کوارتز، کانی های رسی و ... دارند. این حاشیه عموما سریسیتی، بقایایی از شیل های میزبان کانی مونازیت است که این کانی از هوازدگی و فرسایش آنها آزاد شده است. این کانی با سختی 5، دارای وزن مخصوص 4 تا 4/6 است که بسته به درصد میانبارهای موجود تغییر میکند. از ویژگی بارز نودول های مونازیت مروست، شکل نیم گرد شده آنها است که نزدیکی پلاسر به منشاء آن را نشان می دهد.

برای تعیین خواص نوری نودول ها، از تمرکزهای مونازیت رسوبات آبرفتی مروست مقطع نازک تهیه شده، و با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان مطالعه گردیده است (شکل 2-9 (a)) و (b) . نودول های مونازیت مروست ازنظر کانه نگاری مشابه آنهایی از بلژیک، ولز و جنوب شرق انگلستان هستند. این کانی در برش های نازک به رنگ قهوه ای تا قهوه ای کمرنگ وکدر بوده و میانبارهایی از کانی های کوارتز، سریسیت، کلسیت، کلریت و آلبیت در آنها مشاهده می شود. خواص فیزیکی و نوری مونازیت نوع مروست، کاملا متفاوت از مونازیت های آذرین کریستالین است.

2-3-2- مطالعه نودول های مونازیت با استفاده از پراش اشعه ایکس

مونازیت مروست در چهارچوب بررسی های ژئوشیمیایی – کانی سنگین ناحیه ای در محور یزد – سبزواران شناسایی گردید (کارشناسان جمهوری چک، 1374). بر پایه مطالعات محققین کشور چک این کانی بنام رابدوفان (Rhabdophane) معرفی شده است.

در این مطالعه، دانه های این کانی به شیوه لاوک شویی از رسوبات آبرفتی جدا گردیده و حجم مناسبی از این دانه ها پس از نرمایش و تهیه قرص، با استفاده از روش پراش اشعه ایکس (XRD) در انیستیتوی زمین شناسی اوکراین، انیستیتوی کانی شناسی دانشگاه ورتسبورگ، سازمان زمین شناسی ایران و آزمایشگاه کانساران بینالود مطالعه شده است. بر طبق نتایج پراش اشعه ایکس، این کانی به عین مونازیت است اما نه رابدوفان، با وجود این، آن متمایز از مونازیت نوع آذرین میباشد (علی پور 1384). کانی شناسی به روش پراش اشعه ایکس فازهای اصلی این نمونه ها را سریوم مونازیت، لانتانیوم مونازیت و فازهای فرعی آنها را کوا رتز و موسکوویت معرفی می نماید (شکل های 2-10 a و b).

2-3-3- ترکیب نودول های مونازیت مروست

دانه های مونازیت مروست با استفاده از روش های مختلف تجزیه شده اند. در اکتشافات نیمه تفصیلی مونازیت در آبرفت های جنوب مروست تعداد 97 حلقه چاهک اکتشافی حفر شده است. تمرکزهای مونازیت نمونه های این چاهک ها، با استفاده از روش طیف سنجی جرمی پلاسماهای مزدوج القایی (ICP-MS) برای عناصر نادر خاکی تجزیه گردیده ، که متوسط مقادیر بدست آمده در جدول 2-2 ارائه شده است، بطوریکه از داده های موجود بر می آید دانه های مونازیت مروست غنی از عناصر نادر خاکی سبک و میانی است.

جدول 2-2- متوسط مقادیر REE(%) در تمرکزهای مونازیت از آبرفت های جنوب مروست (ICP-MS)

Elements	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Sy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	∑REE
Monazite	6.66	158.31	1.16	4.1	0.75	0.12	0.62	0.032	0.007	0.004	0.0004	10-4×6	0.0004	0.0004	28.86

نتایج تجزیه شیمیایی یک نمونه تمرکز مونازیت مروست درجدول 2-3 ارائه شده است، این تجزیه در انیستیتوی زمین شناسی کشور اوکراین انجام شده است.

جدول 2-3- تجزیه شیمیایی کنسانتره مونازیت از آبرفت های جنوب مروست

Elements	REE2O3	P2O5	Sum*
%	55.45	25.00	80.45

* مجموع بدون کوارتز و آنکلوزیون های دیگر

بخش سوم

اکتشاف مونازیت و عناصر نادرخاکی

1-3- مقدمه

اکتشاف مونازیت و عناصر ناص خاکی در آبرفت های جنوب مروست مراحل ناحیه ای، مقدماتی و نیمه تفصیلی را پشت سر گذاشته است. مونازیت (فسفات عناصر نادر خاکی سبک و میانی) تنها کانی ارزشمند و کانساری در آبرفت های جنوب مروست شناخته شده و متوسط عیار آن (حدود 150 گرم در تن) کمتر از متوسط کانسارهای کم عیار پلاسری (حدود 800 گرم در تن) است. با وجود این بنا به دلایل زیر تصمیم به ادامه عملیات اکتشاف و کانه آرا یی در آبرفت های مونازیت دارمدوده باختری نروست گرفته شده است :

- مونازیت مروست بعنوان نخستین اندیس پلاسری مونازیت و عناصر نادر خاکی در کشور مطرح است.
- عنصر با ارزش و گران قیمت اروپیوم از درصد قابل ملاحظه ای در ترکیب این کانی برخوردار است.
- بررسی های ژئوشیمیایی – کانی سنگین اخیر، آثاری از این نوع مونازیت را در نواحی ورچه محلات، سمیرم، شورجستان، آباده، خبر، ده بید و اردکان از زون سنندج – سیرجان نشان داده است، که در صورت دست یابی به نتایج مثبت در مروست، پشتوانه خوبی برای مروست می باشند.
- عیار مونازیت در آبرفت های محدوده باختری مروست بیشتر از اندیس های شناخته شده مناطق دیگر ایران می باشد.
- مونازیت تیپ مروست از محدود کانسارهای عناصر نادر خاکی در جهان است.
- پیدایش انحصاری مونازیت در شیل های تریاس فوقانی – ژوراسیک زیرین زون سنندج – سیرجان، سبب می گردد که از این کانی بعنوان شاخص مفیدی در سن سنجی رخدادهای دیاژنزی و دگرگونی در این زون استفاده نمود.

اکتشافات نیمه تفصیلی در آبرفت های محدوده باختری با تهیه نقشه توپوگرافی 1:2000 و حفر 44 حلقه چاهک اکتشاف در ابعاد شبکه 200×200 متر در محدوده ای به وسعت 2 کیلومتر مربع انجام شده است و بر پایه نتایج بدست آمده، اکتشافات تفصیلی در محدوده ای به وسعت

1/6 کیلومتر مربع با حفر 97 حلقه چاهک در ابعاد شبکه 100×100 متر، نمونه برداری، شستشو، آماده سازی، مطالعه و تجزیه نمونه ها به مرحله اجراء در آمده، که گزارش حاضر ماحصل این مطالعات می باشد.

2-3- اکتشافات کانی سنگین

1-2-3- مقدمه

بر پایه نتایج حاصل از اکتشافات نیمه تفصیلی مونازیت درآبرفت های محدوده باختری مساحتی حدود 1/6 کیلومتر مربع برای ادامه عملیات اکتشافی انتخاب گردید. در این مرحله کرانه های آبرفت که دارای ضخامت کمتر از 1 متر بوده اند، در ادامه عملیات اکتشافی شده اند. نقشه پایه بررسی های اکتشافی، توپوگرافی 1:2000 است که آبرفت های مونازیت دار محدوده باختری و واحدهای سنگی اطراف را دربرمی گیرد. این نقشه در مرحله نیمه تفصیلی برداشت و سیم شده است. در این مرحله، چاهک ها در ابعاد شبکه 100×100 متر ودر فضای بین چاهک های مرحله قبلی پیاده شد، و موقعیت چاهک های حفاری با نصب پرچم های ویژه و درج شماره چاهک بر روی آنها مشخص گردید (ضمائم گزارش، نقشه موقعیت چاهک های اکتشافی). بنابراین در فاز تفصیلی تعداد 97 حلقه چاهک اکتشافی تا سنگ بستر حفاری گردید، که با 44 حلقه چاهک فاز نیمه تفصیلی، روی همرفته تعداد 141 حلقه چاهک در محدوده مونازیت دار باختری حفر شده است. تصویر شکل 2-1 با نگاه به سمت باختر از آبرفت های مونازیت دار محدوده باختری تهیه شده است، بدین ترتیب که آبرفت های مذکور میان سازندهای پرمین، تریاس و ژوراسیک محصور شده اند (رجوع به بخش دوم، شکل 2-1).

بطور کلی اکتشاف مونازیت و عناصر نادرخاکی در محدوده باختری که با برداشت های توپوگرافی، زمین شناسی، ژئوشیمیایی، طراحی شبکه، حفر چاهک، نمونه برداری، عیار سنجی نمونه ها، پردازش داده ها، ترسیم نقشه، مطالعات کانه آرایی و ... همراه بوده است، به منظور آگاهی از مقدار واقعی مونازیت ، تغییرات جانبی و عمقی مقادیر مونازیت، ضخامت آبرفت، دانه بندی رسوب ها، میزان ذخیره، برآوردهای فنی – اقتصادی و ... انجام پذیرفته است.

2-2-3- نمونه برداری، آماده سازی و محاسبه گرم در تن

نمونه برداری : انتخاب نوع نمونه (سنگ، رسوب، خاک و...) و شیوه برداشت آن، نقش موثری در اخذ نتایج مثبت از یک پروژه اکتشافی دارد. در این پروژه، پس از اتمام عملیات حفاری به برداشت نمونه ها اقدام شده است. با توجه به ماهیت کانسار مورد اکتشاف (آبرفت های مونازیت دار)، و اینکه مونازیت بصورت یک فاز مستقل در جزء سنگین رسوب های آبرفتی مشاهده می شود، لذا عیار سنجی مونازیت و کانی های همراه به برداشت و مطالعه نمونه های کانی سنگین استوار است. در امتداد چاهک های اکتشافی به ازای هر متر مکعب، یک نمونه کانی سنگین به حجم اولیه 10 لیتر و به شیوه چهار قسمتی برداشت گردیده است. تمامی نمونه های کانی سنگین پس از توزین و ثبت مشخصات لازم (از قبیل وزن، جنس، رنگ، دانه بندی، مختصات جغرافیایی و ...) در کیسه های مخصوص بسته بندی شده و بر روی هر نمونه شماره سریال درج میگردد. برای مثال در این پروژه شماره نمونه ها بصورت MW-H1(1) انتخاب شده است که حرف M مخفف مروست، W محدود باختری، H کانی سنگین، 1 شماره چاهک و 1 داخل پرانتر مبین متر اول چاهک است. درتصویر شکل 3-1 حفر چاهک به روش دستی و برداشت نمونه معرف به شیوه چهار قسمتی نشان داده شده است. در محدوده مونازیت باختری در فاز تفصیلی تعداد 534 نمونه کانی سنگین با رعایت تمامی استانداردهای لازم برداشت شده، سپس این نمونه ها مراحل سرند توسط الک 20 مش در محیط آب، گل شویی، لاوک شویی ، وزن سنجی، برموفرم گیری، مگنت گیری و مطالعه را پست سر گذاشته اند. از آنجائیکه تعداد 163 نمونه نیز از چاهک های مرحله اکتشاف نیمه تفصیلی برداشت و مطالعه شده اند، از اینرو اکتشاف مونازیت در آبرفت های محدوده باختری جمعا با برداشت و مطالعه 697 نمونه کانی همراه بوده است.

آماده سازی و مطالعه نمونه ها: تغلیظ نمونه های آبرفتی نخستین بخش از مرحله آماده سازی را تشکیل میدهد، این گام از آماده سازی نمونه ها در صحراء انجام می شود. نمونه های کانی سنگین نخست توسط الک 20 مش ویژه ای در داخل آب سرند شده، و جزء زیر 20 مش گل

شویی می شود. هدف از گل شویی، جدا سازی رس، سیلت وذرات معلق است. پس از انجام عملیات گل شویی، نمونه به ظروف ویژه ای منتقل شده و بر پایه خاصیت اختلاف وزن مخصوص کانی ها و غوطه ور شدن ذرات در آب و انجام حرکات دورانی واصل 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 دست پیدا کنیم (شکل 3-2). در این مرحله، نمونه ها با محلول سنگین (بروموفرم) مورد جدایش قرار گرفته (شکل 3-3)، و سپس جدایش با آهنرباهای دستی با بارهای مغناطیسی معین ادامه می یابد. حجم سنگین نمونه ها با استفاده از مغناطیس های ویژه به بخش های با خاصیت مغناطیسی شدید (AA)، دارای خاصیت مغناطیسی متوسط (AV) و فاقد خاصیت مغناطیسی (NM) تقسیم بندی می شود، سپس با استفاده از میکروسکوپ دوچشمی (بینوکولار) این سه بخش بطور جداگانه مطالعه می گردند. بر پایه نتایج مطالعه نمونه های کانی سنگین در آبرفت های جنوب مروست، سلستیت، باریت، آپاتیت، زیرکن، روتیل، کوارتز و کلسیت از کانی های غالب بخش NM در بسیاری از نمونه ها هستند، که در این میان کانی سلستیت از انتشار قابل ملاحظه ای برخوردار است. پیریت هماتیتی شده، مونازیت، هماتیت، ایلمنیت، لیمونیت، گوتیت، اپیلوت، سریسیت، آمفیبول، پیروکسن، گارنت و اجزای فرسایشی شیل، ماسه سنگ، اسلیت و فیلیت ها از کانی های بخش AV می باشند، که در این میان کانی های مونازیت، پیریت های هماتیتی شده و اجزای فرسایشی شیل های دگرگونی از انتشار قابل توجهی برخوردار هستند (شکل 3-4). کانی منیتیت نیز در حد مقادیر جزئی در بخش AA نمونه ها مشاهده می شود. بر پایه نتایج مطالعات کانی سنگین، مونازیت تنها کانی ارزشمند و کانسارساز در آبرفت های جنوب مروست به حساب می آید.

محسابه گرم در تن مونازیت : نتایج حاصل از مطالعه نمونه های کانی سنگین کیفی است، و بایستی به منظور تحلیل های آماری کمی شوند. پارامترهای مهم و تاثیر گذار در کمی کردن نتایج بدست آمده، شامل حجم یا وزن کل نمونه برداشت شده (A) ، حجم یا وزن پس از شستشو (B)، حجم یا وزن انتخابی برای جدایش با محلول سنگین (C) ، حجم یا وزن نمونه پس از

جدایش با محلول سنگین (Y)، درصد حجمی یا وزن کانی مورد نظر در بخش سنگین نمونه (X) و میانگین وزن مخصوص محیط نمونه برداری (D) و کانی (D) می باشند.

شکلهای 3-1 تا 3-4

تجربه اکتشافی سالهای گذشته نشان میدهد که روش حجمی در عیار سنجی مقادیر کانی های سنگین نیمه کمی است و مقادیر محاسبه شده از درجه اعتماد برخوردار نیستند. در پروژه اکتشاف مونازیت در ناحیه مروست، با عنایت به مقیاس و اهمیت موضوع و اجتناب از بروز هرگونه خطا، برای عیار سنجی مقادیر مونازیت در نمونه های کانی سنگین از پارامترهای وزنی استفاده شده است. فرمول بکار رفته برای محاسبه گرم در تن مونازیت درهر نمونه به قرار زیر است :

گرم در تن مونازیت در هر نمونه = (B.X.1000) / (A.C)

که در این فرمول :

A = وزن کل نمونه بر حسب کیلوگرم

B = وزن نمونه پس از لاوک شویی بر حسب گرم

C = وزن انتخابی برای جدایش با مایع سنگین بر حسب گرم

X = مقدار مونازیت در وزن انتخابی (C) بر حسب گرم

مراحل عیار سنجی مونازیت و کانی های همراه در پلاسر مروست در نمودار شکل 3-5 ارائه شده است. مقادیر گرم در تن مونازیت نیز در ضمیمه شماره یک آورده شده است. لازم به ذکر است که در اکتشاف نیمه تفصیلی در آبرفت های مروست، مقادیر گرم در تن سایر کانی های سنگین نیز محاسبه شده و در گزارش نیمه تفصیلی موجود می باشد. ولی از آن جائی که این کانی ها فاقد ارزش اقتصادی هستند، از اینرو در فاز تفصیلی فقط به تعیین مقادیر دقیق کانی مونازیت اکتفاء شده است.

شکل 3-5

3-2-3- طبقه بندی رسوبات در آبرفت های محدوده باختری

در آبرفت های محدوده باختری برای کسب اطلاع از اندازه رسوب هایی که کانی مونازیت در آنها تمرکز دارد، به طبقه بندی رسوبات اقدام شده است. دراکتشاف نیمه تفصیلی مطالعه طبقه بندی رسوبات در چاهک های شماره 4 و 34 انجام یافته است. در هر یک از این چاهک ها، رسوب های مربوط به عمق های مختلف، با استفاده از سرندهای 18، 40 و 80 مش به چهار بخش تقسیم شده است. برای مثال نمونه مربوط به متر اول چاهک شماره 4 با استفاده از این سرندها به اندازه های C, B, A و D بخش شده است و همین فرآیند برای نمونه های مترهای بعدی چاهک ها نیز تکرار شده است. در مرحله بعد،از هر یک از این بخش ها به روش تقسیم بخشی، بطور جداگانه نمونه گیری شده، و این نمونه ها پس از آماده سازی (خردایش و نرمایش) در آزمایشگاه امدل استرالیا با استفاده از روش ICP-MS برای عناصر نادر خاکی تجزیه شده اند.

سایز D> 18 مش ، 18مش> سایز C> 40 مش ، 40 مش > سایز B> 80 مش ، 80 مش > سایز A

نتایج اندازه گیری ها نشان مید هد که اندازه های C و B به ترتیب بیشترین مقدار عناصر نادر خاکی را دارا هستند. به عبارتی غالب دانه های مونازیت در دامنه 40 تا 18 مش و بخشی نیز در دامنه 40 تا 80 مش رسوبات تمرکز دارند. نتایج مطالعات طبقه بندی رسوبات برای نمونه های چاهک شماره 4 در شکل 3-6 ارائه شده است. بر پایه نتایج مطالعه نمونه های کانی سنگین و بررسی های کانه آرایی نیز دانه های مونازیت در آبرفت های مروست دردامنه 60+ و 14- مش قرار دارند (14 مش> اندازه دانه های مونازیت > 60 مش).

شکل 3-6

شکل 3-6- نتایج مطالعات ژئوشیمیایی توجیهی و طبقه بندی رسوب ها در آبرفت های محدوده باختری

3-4-3- تحلیل آماری داده های کانی سنگین

در پلاسر مونازیت محدوده باختری مروست، با توجه به ماهیت کانسار و کاربرد کا نی های سنگین در شناسایی و اکتشاف این قبیل کانسارها به نمونه گیری کانی های سنگین از چاهک ها اقدام شده است. هر چند نتایج بدست آمده از مطالعات کانی های سنگین نیمه کمی است، با وجود این در پلاسر مروست با عنایت به هدف طرح ومقیاس مطالعه، درعیار سنجی مقدار مونازیت نمونه ها نهایت دقت بعمل آمده است. سپس تجزیه و تحلیل آماری بر روی داده های مونازیت صورت می پذیرد. در اکتشافات ژئوشیمیایی و کانی سنگین، کثرت مشاهدات (تعداد نمونه ها) و متغیرها (عناصر و کانی ها) استفاده از تکنیک های آماری را امری اجتناب ناپذیر می نماید. با بکارگیری روش های مختلف آماری می توان نتایج بررسی ها را در قالب نمودار و یا شکل هایی ارائه نمود که برای خواننده قابل لمس باشد. در پلاسر مروست مونازیت تنها کانی ارزشمند به حساب می آید، بهمین دلیل درمرحله تفصیلی تحلیل های آماری فقط بر روی کانی مونازیت صورت پذیرفته است، در صورتیکه میزان استقلال و بستگی مونازیت با کانی های همراه در گزارش اکتشاف نیمه تفصیلی این محدوده بررسی شده است.

الف) تحلیل آماری توزیع مونازیت بر پایه کل داده ها

پارامترهای آماری، منحنی های هیستوگرام، P-P نرمال و نمودار جعبه ای مونازیت بر پایه کل داده های خام در شکل های 3-7 ارائه داده شده است. در پلاسر مونازیت محدوده باختری تعداد 697 نمونه کانی سنگین از چاهک های اکتشافی برداشت و مقدار گرم در تن مونازیت آنها محاسبه شده است. بر پایه داده های بدست آمده، مونازیت در جامعه مورد بررسی دارای میانگین 145/22 گرم در تن و انحراف معیار 103/96 است. مقادیر کمینه و بیشینه این کانی به ترتیب 1/15 و 827/73 گرم در تن بوده واز ضریب تغییرات 71/5 درصد برخوردار است. مقادیر چولگی و کشیدگی این کانی به ترتیب 1/58 و 4/87 است، که بیان از عدم تقارن منحنی توزیع مونازیت میباشد. مقدار مثبت چولگی حکایت از وجود عیارهای بالا وبا فراوانی کم در جامعه نمونه ها است. در منحی های هیستوگرام و P-P نرمال شکل 3-7 نیز عدم تقارن و تمایل

به سمت راست توزیع و انحراف پارهای از نمونه ها از خط نرمال به خوبی نمایان است، و نمونه های خارج از ردیف (Outliers) با عیارهای بالا دلیل اصلی این چولگی هستند. برای اینکه وجود مقادیر خارج از ردیف در یک جامعه به شدت مقادیر میانگین، انحراف معیار، حدود زمینه و آستانه ای را تحت تاثیر قرار داده، و سبب حالت نامتقارن شکل توزیع میگردند. در این بررسی برای شناسایی نمونه های خارج از ردیف از نمودارهای جعبه ای استفاده شده است. در نمودار جعبه ای شکل 3-7 تعداد 15 نمونه خارج از ردیف شناسایی شده است، که سه تا از این نمونه ها خارج از ردیف مثبت فوق العاده (Extreme) و 12 تای آنها نمونه های خارج از ردیف مثبت معمول (Normal) هستند. شماره نمونه های خارج از ردیف و مقادیر مونازیت آنها در جدول 3-1 ارائه شده است.

جدول 3-1- نمونه های خارج از ردیف مثبت معمولی و فوق العاده و مقادیر مونازیت آنها

شماره نمونه	(7) ❋ 63	(8) ❋ 16	(2) ❋ 63	16 (9)	63 (6)	95 (1)
مونازیت (ppm)	828/73	687/5	678/13	555/67	534/35	527/71
شماره نمونه	100 (1)	74 (1)	40 (4)	138 (4)	15 (3)	94 (1)
مونازیت (ppm)	523/91	458/75	442/14	436/25	431/28	428/75
شماره نمونه	15 (4)	64 (5)	58 (7)	-	-	-
مونازیت (ppm)	426/94	402/74	395	-	-	-

❋ نمونه های خارج از ردیف مثبت فوق العاده

ب) تحلیل آماری توزیع مونازیت در امتداد سطوح افقی

بطوریکه از قبل نیز گفته شده، درپلاسر مونازیت محدوده باختری تعداد 150 حلقه چاهک اکتشافی در شبکه 100×100 متر حفاری گردیده، سپس در امتداد چاهک ها به ازای هر متر یک

نمونه کانی سنگین برداشت و مطالعه شده است. از آنجائیکه دراین پروژه به تهیه نقشه های توزیع مونازیت در امتداد سطوح افقی اقدام خواهد شد، بنابراین مقدم بر تهیه چنین نقشه هایی، آماره های توزیع مونازیت در امتداد هر یک از سطوح افقی بطور جداگانه بررسی شده است.

سطح افقی متر اول : مطالعات آماری نشان میدهد که در پلاسر مونازیت محدوده باختری 150 نمونه در امتداد سطح افقی متر اول قرار دارند، که در مقایسه با کل نمونه های برداشت شده از چاهک ها (697 نمونه) حدود 21/5 درصد می باشد. در این سطح مقادیر مونازیت از کمینه 20/37 گرم در تن تا بیشینه 527/71 گرم در تن تغییر می نماید. در سطح افقی متر اول، مونازیت با میانگین 202/18 گرم در تن دارای انحراف معیار 90/75 است واز ضریب تغییرات 44/88 درصد برخوردار است. مقادیر چولگی و کشیدگی این کانی به ترتیب 0/71 و 1/42 بوده که بیان از توزیع به تقریب یکنواخت کانی مونازیت در امتداد سطح افقی متر اول می باشد. منحنی های هیستوگرام و P-P نرمال شکل 3-8 نیز تقارن تقریبی شکل توزیع و پراکندگی نمونه ها را حول خط نرمال نشان می دهند. بر اساس نمودار جبعه ای مقادیر مونازیت در نمونه های 527/71 = (1)95، 523/91 = (1)100، 458/75 = (1)74 و 428/75 = (1)94 به مثابه خارج از ردیف مثبت معمولی شناسایی شده است، واندکی چولگی مثبت اندک توزیع به دلیل وجود این نمونه ها می باشد (شکل 3-8).

سطح افقی متر دوم : بررسی های آماری نشان میدهد که در آبرفت های محدوده باختری 141 نمونه از سطح افقی دوم برداشت شده است، که در مقایسه با تعداد کل نمونه ها حدود 20/22 درصد میباشند. در این سطح افقی مقادیر مونازیت از کمینه 1/26 گرم در تن تا بیشینه 678/13 گرم در تن تغییر میکند. کانی مونازیت با میانگین 160/26 گرم در تن دارای انحراف معیار 95/34 است و از ضریب تغییرات 59/5 درصد برخوردار میباشد. مقادیر چولگی و کشیدگی کانی مونازیت در سطح افقی متر دوم 1/29 و 5 بوده، که بیان از عدم تقارن توزیع و چولگی مثبت آن است. منحنی های هیستوگرام و P-P نرمال شکل 3-9 نیز گویای تمایل به راست توزیع و انحراف تعداد اندکی نمونه ها از خط نرمال می باشند. در نمودار جعبه ای شکل 3-9 نیز

نمونه 678/3 = (2)63 بعنوان خارج از ردیف مثبت فوق العاده شناخته شده، و سبب تمایل توزیع به سمت راست شده است.

شکلهای 3-7 تا 3-9

سطح افقی متر سوم : بر اساس داده های موجود ، 116 نمونه کانی سنگین از سطح افقی متر سوم برداشت شده است، که نسبت به کل نمونه ها حدود 16/64 درصد می باشند. در سطح افقی متر سوم مقادیر مونازیت از کمینه 2/5 گرم در تن تا بیشینه 431/28 گرم در تن تغییر می کند. کانی مونازیت با میانگین 126/87 دارای انحراف معیار 89/44 بوده، و از ضریب تغییرات 70/5 درصد برخوردار است. مقادیر چولگی و کشیدگی مونازیت در این سطح به ترتیب 1/19 و 1/24 است که بیان از عدم تقارن توزیع و چولگی مثبت آن می باشد. منحنی های هیستوگرام و P-P نرمال شکل 3-10 نیز مبین عدم تقارن شکل توزیع وانحراف تعدادی نمونه ها از خط نرمال است. بعبارتی توزیع مونازیت در سطح افقی سوم در قیاس با سطوح اول و دوم نامتقارن تر است. در نمودار جعبه ای شکل 3-10 نیز نمونه های 431/28 = (3)15، 377/24 = (3)54 ، 375/52 = (3) 23 ، 367/5 = (3)138 و 362/5 = (3)29 بعنوان خارج از ردیف مثبت معمولی شناسایی شده اند.

سطح افقی متر چهارم : محاسبات آماری نشان میدهد که در پلاسر مونازیت دار محدوده باختری تعداد 84 نمونه در سطح افقی متر چهارم واقع شده، که حدود 12 درصد کل نمونه ها را تشکیل می دهند. در این سطح مقادیر مونازیت از کمینه 1/25 گرم در تن تا بیشینه 442/14 متغیر است. کانی مونازیت با میانگین 129/14 گرم در تن دارای انحراف معیار 106/86 بوده، و از ضریب تغییرات 82/74 درصد برخوردار است. در سطح افقی چهارم مقادیر چولگی و کشیدگی کانی مونازیت به ترتیب 1/4 و 1/34 است که تمایل شکل توزیع را به سمت مقادیر عیار بالا و با فراوانی کم نشان میدهد (شکل 3-11). در نمودار جعبه ای نیز 8 نمونه خارج از ردیف مثبت شناسایی شده است که عامل اصلی چولگی مثبت توزیع هستند. در منحنی های هیستوگرام و P-P نرمال نیز چولگی مثبت توزیع و انحراف نمونه ها از خط نرمال نمایان است.

جدول 3-2- نمونه های خارج از ردیف مثبت معمولی و مقادیر مونازیت آنها در سطح افقی متر چهارم

شماره نمونه	40 (4)	138 (4)	15 (4)	63 (4)
مونازیت (ppm)	442/14	436/25	426/94	380/65
شماره نمونه	29 (4)	7 (4)	133 (4)	21 (4)

مونازیت (ppm)	361/13	342/96	352/83	340/5

سطح افقی متر پنجم : بر اساس داده های موجود تعداد 60 نمونه کانی سنگین از سطح افقی متر پنجم برداشت شده است که نسبت به کل نمونه ها حدود 8/6 درصد می باشد. مقادیر مونازیت دراین سطح از کمینه 1/15 گرم در تن تا بیشینه 402/74 گرم در تن تغییر میکند. کانی مونازیت با میانگین 110/44 گرم در تن دارای انحراف معیار 88/37 بوده و از ضریب تغییرات 80 درصد برخوردار است. در سطح افقی چهارم مقادیر چولگی و کشیدگی مونازیت به ترتیب 1/61 و 2/96 بوده که حاکی از وجود نمونه های عیار بالا و با فراوانی کم در جامعه نمونه ها می باشند. منحنی های هیستوگرام و P-P نرمال شکل های 3-12 نیز به گونه ای دیگر عدم تقارن توزیع (چوله به راست) و انحراف نمونه ها از خط نرمال را نشان میدهند.

در نمودار جعبه ای شکل 3-12 نیز نمونه های 402/74 = (5)64 و 388/31 = (5)63 به عنوان فوق العاده خارج از ردیف و نمونه های 363/92 = (5)40 و 275 = (5)47 خارج از ردیف مثبت معمولی شناسایی شده اند.

شکلهای 3-10 تا 3-12

سطح افقی متر ششم : محاسبات آماری نشان می دهد که در این بررسی 45 نمونه از سطح افقی متر ششم برداشت شده است که حدود 6/5 درصد کل نمونه ها را تشکیل می دهند. در این سطح، مقادیر مونازیت از کمینه 1/37 گرم در تن تا بیشینه 532/98 گرم در تن در تغییر است. کانی مونازیت با میانگین 109/69 گرم در تن دارای انحراف معیار 89/31 بوده و از ضریب تغییرات 81/42 درصد برخوردار است. در سطح افقی متر ششم مقادیر چولگی و کشیدگی کانی مونازیت به ترتیب 2/58 و 10/74 بوده که همانند منحنی های هیستوگرام و P-P نرمال شکل های 3-13 گویای عدم تقارن توزیع و انحراف نمونه ها از خط نرمال می باشند. در نمودار جعبه ای شکل 3-13 نیز 534/35 = (6)63 بعنوان نمونه فوق العاده خارج از ردیف مثبت شناخته شده است (شکل 3-13).

سطح افقی متر هفتم : در پلاسر مونازیت محدوده باختری تعداد 36 نمونه از این سطح برداشت شده است، که حدود 5/2 درصد کل نمونه ها را تشکیل میدهند. مونازیت با میانگین 111/83 گرم در تن، دارای انحراف معیار 141/05 بوده و از ضریب تغییرات حدود 127 درصد برخوردار است. در سطح افقی متر هفتم، مقادیر چولگی و کشیدگی این کانی به ترتیب 4/16 و 19/96 بوده که همانند منحنی های هیستوگرام و P-P نرمال بیانگر عدم تقارن شکل توزیع داده ها می باشند (شکل های 3-14). در نمودار جعبه ای نیز 827/7 = (7)63 و 395 = (7)58 بعنوان نمونه های خارج از ردیف مثبت فوق العاده شناسایی شده اند.

سطح افقی متر هشتم : بر پایه محاسبات آماری، از سطح افقی متر هشتم تنها 24 نمونه برداشت شده است، برای اینکه بقیه چاهک ها در این عمق به سنگ بستر برخورد نموده است، این نمونه ها حدود 3/5 درصد کل نمونه ها را شامل میشوند. در این سطح مقادیر مونازیت از کمینه 10/17 گرم در تن تا بیشینه 687/5 گرم در تن تغییر می نماید. کانی مونازیت با میانگین 125/68 گرم در تن دارای انحراف معیار 146/81 است و از ضریب تغییرات حدود 117 درصد برخوردار می باشد. مقادیر چولگی و کشیدگی مونازیت در این سطح به ترتیب 2/71 و

9/09 است. منحنی های هیستوگرام و P-P نرمال شکل های 3-15 نیز بیان از عدم تقارن توزیع مونازیت در این سطح هستند. در نمودار جعبه ای شکل 3-5 نیز نمونه 687/5 = (8)16 بعنوان خارج از ردیف مثبت فوق العاده شناسایی شده است.

لازم به ذکر است که برای سطوح افقی مترهای نهم، دهم و پائین تر تحلیل آماری صورت نگرفته است. برای اینکه تعداد چاهک هایی که در این عمق ها دارای نمونه بوده اند کمتر از 20 عدد بوده است. از اینرو برای اطلاع از مقدار و توزیع مونازیت در این اعماق به نقشه های مقاطع قائم و داده های پیوست یک رجوع شود.

شکلهای 3-13 تا 3-15

3-2-5- بررسی تغییرپذیری مقادیر مونازیت در پلاسر محدوده باختری

در این مرحله میزان همگنی و ناهمگنی توزیع مونازیت در پلاسر محدوده باختری تحلیل شده است. بررسی تغییرات مقادیر مونازیت درامتداد چاهک ها، سطوح مختلف افقی، مقاطع قائم طولی و مقاطع قائم عرضی صورت پذیرفته است. برای بررسی تغییرات مونازیت در سطوح افقی و مقاطع قائم، ابتداء مقدار ضریب تغییرات این کانی بطور جداگانه برای سطوح مختلف افقی، مقاطع قائم طولی و عرضی محاسبه شده است، سپس مقادیر ضریب تغییرات از سطح افقی متر اول تا هشتم، از مقطع قائم عرضی A تا I و از مقطع قائم طولی 1 تا 19بصورت نمودار مستطیلی نشان داده شده است.

1-3-2-5- بررسی تغییرات مونازیتدر امتداد چاهک ها

برای ارزیابی تغییرات مقادیر مونازیت از سطح تا عمق آبرفت، تغییرات مقادیر این کانی در امتداد چاهک های شماره 8، 6، 23، 32، 42، 48، 50؛ 79، 85، 96، 103، 123، 128، 134، 135، 140، 144 و 150 بررسی شده است. تغییرات مقادیر مونازیت در امتداد هر یک از چاهک ها در نمودارهای خطی شکل های 3-16 ارائه شده است. در زیر تنها به توصیف تغییرات مقادیر مونازیت در چاهک های 48، 103، 123، 140 اکتفاء شده است و برای اطلاع ازتغییرات مونازیت چاهک های دیگر به شکل های 3-16 رجوع شود.

چاهک شماره 48 : این چاهک درعمق 9 متری به سنگ بستر برخورد نموده است. در امتداد این چاهک به ازای هر متر یک نمونه کانی سنگین برداشت شده است و تغییرات مقادیر مونازیت از سطح تا عمق 9 متری بصورت یک نمودار خطی ارائه شده است. در چاهک شماره 48، مقادیر مونازیت از 311 گرم در تن در متر اول تا 101 گرم در تن در متر نهم تغییر می کند و مقادیر بیشینه مونازیت به مترهای اول، دوم و سوم چاهک مربوط می شود که به ترتیب 311، 294 و 276 گرم در تن می باشد. بطوریکه از این نمودار بر می آید، مقادیر مونازیت از سطح آبرفت به عمق کاهش می یابد.

چاهک شماره 103 : این چاهک در عمق 15 متری به سنگ بستر رسیده است. تغییرات مقادیر مونازیت از سطح تا عمق 15متری در قالب یک نمودار خطی ارائه شده است. در این چاهک مقادیر مونازیت از 255 گرم در تن در متر اول تا 166 گرم در تن در متر 15 تغییر می کند، و مقادیر بیشینه مونازیت در مترهای دوم، اول، پانزدهم و هشتم مربوط است که به ترتیب 256، 255، 166 و 145 گرم در تن می باشد. اگر چه نوساناتی در مقادیر مونازیت از سطح به عمق مشاهده می شود، ولی روند مقادیر مونازیت از سطح به عمق رو به کاهش است.

چاهک شماره 123 : این چاهک در عمق 12 متری به سنگ بستر برخورد نموده است. تغییرات مقادیر مونازیت درامتداد این چاهک در قالب یک نمودار خطی نمایش داده شده است. در چاهک 123 مقادیر مونازیت از 203 گرم در تن در متر اول تا 76 گرم در تن در متر دوازدهم تغییر می کند. مقادیر بیشینه مونازیت مربوط به مترهای اول، هشتم و یازدهم است که به ترتیب 203، 203 و 200 گرم در تن می باشند. در این چاهک از سطح تا عمق 7 متری عیار مونازیت کاهش می یابد، سپس در عمق های هشتم و یازدهم دوباره عیار افزایش می یابد.

چاهک شماره 140 : این چاهک در عمق 12 متری به سنگ بستر رسیده است. در این چاهک مقادیر مونازیت از 130 گرم در تن در متر اول تا 50 گرم در تن در متر دوازدهم تغییر میکند. مقادیر بیشینه مونازیت به مترهای هفتم و اول مربوط می شود که به ترتیب 133 و 130 گرم در تن می باشد. در این چاهک به استثنای متر هفتم عیار مونازیت از سطح به عمق رو به کاهش است.

شکل های 3-16

3-2-5-2- بررسی تغییرات مونازیت در سطوح افقی

برای تحلیل تغییر پذیری مقادیر مونازیت از سطح آبرفت به عمق آن، ابتدا مقدار میانگین مونازیت برای سطوح مختلف افقی بطور جداگانه محاسبه گردید. سپس تغییرات مقادیر میانگین مونازیت از سطح افقی 1 تا 8 بصورت نمودار مستطیلی ارائه شده است (شکل 3-17). در این نمودار میانگین مقدار مونازیت از 202/18 گرم در تن در سطح افقی متر اول تا 125/69 گرم در تن در سطح افقی متر هشتم تغییر میکند. بعبارتی مقادیر میانگین مونازیت از سطح آبرفت به عمق آن کاهش می یابد.

علاوه بر این، برای سنجش تغییر پذیری نسبی مقادیر مونازیت میان سطوح مختلف افقی (از سطح آبرفت به عمق آن)، ضریب تغییرات این کانی برای هر یک از سطوح افقی محاسبه شده است :

$$CV = \frac{S}{X} \cdot 100$$

مقادیر ضریب تغییرات برای سطوح افقی متر اول (44/88) تا متر هشتم (117) در نمودار شکل 3-18 ارائه شده است، بطوریکه تغییر پذیری نسبی مونازیت از سطح پلاسر به عمق آن رو به افزایش است. بعبارتی با افرایش عمق بر میزان ناهمگونی مونازیت نیزافزوده می شود.

3-2-5-3- بررسی تغییرات مونازیت در مقاطع قائم طولی

مقاطع قائم طولی در پلاسر مونازیت محدوده باختری دارای امتداد تقریبی جنوب باختری – شمال خاوری بوده، که با نماد پروفیل های 1 تا 19 در نقشه موقعیت چاهک های اکتشافی مشخص گردیده اند. جهت این پروفیل ها عمود بر امتداد طولی آبرفت مونازیت دار بوده و در امتداد هر یک ازآنها تعدادی چاهک اکتشافی به فواصل 100 متر و تا سنگ بستر حفر شده است. در هر یک از چاهک ها به ازای هر متر یک نمونه معرف کانی سنگین برداشت و مطالعه گردیده است. به منظور بررسی میزان همگونی و ناهمگونی توزیع مونازیت در این آبرفت ها ، ابتدا مقادیر میانگین و انحراف معیار این کانی برای هر یک از مقاطع قائم طولی (1 تا 19) بطور جداگانه محاسبه گردید، و سپس مقادیر ضریب تغییرات مونازیت نیز برای مقاطع قائم 19 گانه برآورد شده است. مقادیر

ضریب تغییرات مونازیت از پروفیل 1 تا پروفیل 19 بصورت نمودار مستطیلی شکل 3-19 ارائه شده است. در این نمودار مقادیر ضریب تغییرات از 61/83 درصد در پروفیل 1 تا 71/14 درصد در پروفیل 19 تغییر می کند. به عبارتی در امتداد طولی پلاسر و در جهت جریان آب نوساناتی در مقادیر مونازیت مشاهده میشود، ولی روند کلی ، افزایش ضریب تغییرات موتازیت را از پروفیل 1 تا 19نشان می دهد.

4-5-2-3- بررسی تغییرات مونازیت در مقاطع قائم عرضی

در پلاسر محدوده باختری چاهکهای اکتشافی در امتداد 9 پروفیل عرضی و به فاصله های 100 متری از همدیگر طراحی شده، و تا سنگ بستر حفر شده اند. در نقشه موقعیت چاهکهای اکتشافی این پروفیل با نماد A تا I مشخص شده اند. از آنجائیکه بخش عمده ای از پروفیل های A و B بر محیط سنگی واقع است، از این رو برای سنجش تغییر پذیری نسبی مقادیر مونازیت میان مقاطع قائم عرضی از یافته های پروفیل های C تا I استفاده شده است. برای این منظور، مقادیر میانگین و انحراف معیار مونازیت برای هر یک از مقاطع قائم عرضی (پروفیل های C تا I) محاسبه گردید، و سپس مقادیر ضریب تغییرات آنها برآورد شده است. مقادیر ضریب تغییرات مونازیت از پروفیل عرضی C تا I در قا لب نمودار مستطیلی شکل 3-20 ارائه شده است. در این نمودار مقادیر ضریب تغییرات از 64/13 درصد در پروفیل C تا 60/05 درصد در پروفیل I تغییر می کند. بطوریکه تغییرات کمی در مقادیر مونازیت میان پروفیل های قائم عرضی مشاهده می شود. بعبارتی تغییر پذیری مقادیر مونازیت در جهت طول آبرفت بیش از عرض آن می باشد.

شکل های 3-17 تا 3-20

بخش چهارم

عناصر نادر خاکی در آبرفت های مروست (محدوده باختری)

4-1- مقدمه

عناصر نادر خاکی، گروهی عناصر را از La(57) تا Lu(71) شامل می شوند که به لحاظ شیمیایی شبیه هم هستند. با کاهش پیشرونده شعاع یونی از La+3 (1/08A) تا Lu+3(1/86A) عدد اتمی آنها افزایش می یابد. عناصر Eu, Sm, Nd, Pr, Ce, La بعنوان عناصر نادر خاکی سبک (LERR) و Dy, Tb, Gd, Lu, Yb, Er, Ho بعنوان عناصر سنگین (HREE) شناخته شده اند، که به ترتیب تحت نام های زیر گروه های سریوم و ایتریوم معروفند.

بخش عمده عناصر نادر خاکی دنیا، از پنج کانی باستانزیت، مونازیت، زنوتیم، لوپاریت و رس های جاذب یون تولید میگردد. باستانزیت و مونازیت حاوی عناصر نادر خاکی سبک یا عناصر زیر گروه سریوم (لانتانیوم تا نئودیمیوم) در صورتیکه زنوتیم و رس های جاذب یون بیشتر غنی از عناصر نادر خاکی سنگین یا عناصر زیر گروه ایتریوم (گادولینیوم تا لوتسیوم) هستند.

پلاسر مروست دربردارنده کانی مونازیت است، مونازیت کانی گروه فسفات ها است و به فسفات عناصر نادر خاکی معروف است. مونازیت ها بسته به درصد عناصر نادر خاکی در ترکیبات خود، به سه گروه تقسیم می گردند :

- مونازیت سریوم دار (Ce, La, Nd, Th, Y) PO4
- مونازیت لانتانیو دار (La, Ce, Nd) PO4
- مونازیت نئودیمیون (Nd, La, Ce) PO4

در ترکیب مونازیت، سیلیس یا SiO4 اغلب جانشین درصد کمی از گروه فسفات ها شده، اما در فرمول مونازیت نشان داده نمیشود. این کانی در پگماتیت های فسفاتی و بعنوان کانی فرعی در برخی از سنگ های آذرین، دگرگونی و رگه ها پیدا میشود. آنها بدلیل سختی بالای از سنگ های میزبان خود هوازده شده و تا پائین دست آبراهه ، برای مسافت های طولانی حمل شده و در آبرفت های رودخانه ای و حتی در سواحل اقیانوس ها انباشته می شوند. وزن مخصوص بالای مونازیت (G=4/5-6/7) سبب میشود که همراه با کانی های سنگین دیگر (روتیل، طلا، سیلیمانیت ، ایلمنیت، زیرکن و...) در نهشته های رودخانه ای و ساحل اقیانوسها تمرکز یافته و کانسارهای پلاسری را تشکیل دهند. در منطقه مروست سنگ میزبان مونازیت شیل های تریاس فوقانی است و هوازدگی

شیل ها سبب آزادی دانه های مونازیت گردیده و بدین ترتیب مونازیت بدلیل سختی و وزن مخصوص بالای خود در رسوب های دشت جوان و رودخانه ای جوان انباشته شده است.

4-2- عیار سنجی عناصر نادر خاکی در پلاسر مروست

در پلاسر مروست (محدوده باختری) برای اندازه یگری مقادیر عناصر نادرخاکی، ابتدا کنسانتره مونازیت (٪95<) هر یک از نمونه های کانی سنگین چاهک های اکتشافی تهیه شده است (به روشی که از قبل توصیف گردید) از آنجا که وزن کنسانتره مونایت پاره ای از نمونه ها جهت عیار سنجی عناصر نادر خاکی به اندازه لازم و کافی نبوده است، لذا کنسانتره معرف هر چاهک برای اندازه گیری مقدار و نوع عناصر نادر خاکی به آزمایشگاه امدل (Amdel) استرالیا ارسال گردیده است. مقادیر گرم در تن عناصر نادر خاکی در کنسانتره های مونازیت هر چاهک در جدول شماره 4-1 آورده شده است. لازم به ذکراست که در مرحله اکتشاف تفصیلی نیاز به آنالیز مجدد کنسانتره های مونازیت برای عناصر نادر خاکی احساس نمی شد، از اینرو از داده های مرحله نیمه تفصیلی استفاده شده است.

4-3- تحلیل آماری عناصر نادر خاکی در کنسانتره مونازیت

بطوریکه قبلا گفته شد، نمونه های کنسانتره مونازیت پلاسر مروست جهت اندازه گیری عناصر نادر خاکی به آزمایشگاه امدل (Amdel) استرالیا، ارسال گردید. نمونه های مذکور پس از آماده سازی های لازم به روش اسپکترومتری جرمی (ICP-Ms) برای عناصر سریوم (Ce) ، لانتانیوم (La) ، پرازئودمیوم (Pr)، نئودیمیوم (Nd)، ساماریوم (Sm) ، اروپیوم (Eu) ، گادولینیوم (Gd) ، دیسپروسیوم (Dy)، هولمیوم (Ho)، اربیوم (Er)، تولیوم ™ ، تربیوم (Tb) و لوتسیوم (Lu) تجزیه شده است (جدول شماره 4-1) بطوریکه از نتایج بر می آید مونازیت مروست غنی از عناصر نادر خاکی سبک (LREE) و یا عناصر زیرگروه سریوم (لانتانیوم تا اروپیوم) می باشد، بعبارتی مونازیت مروست نسبت به عناصر خاکی سبک غنی شدگی و به انواع سنگین تهی شدگی نشان می دهد.

پارامترهای آماری (میانگین، میانه، مد، انحراف معیار و ...) عناصر نادر خاکی در جدول شماره 4-2 و هیستوگرام توزیع فراوانی آنها بر پایه داده های خام دراشکال شماره 4-1 آورده شده است. در زیر تنها به توصیف آماری دو عنصر مهم لانتانیوم (La) و سریوم (Ce) از زیر گروه سریوم اکتفا شده است، جهت اطلاع از ویژگی آماری سایر عناصر نادر خاکی در کنسانتره های مونازیت، به جدول 4-2 و اشکال 4-1 رجوع شود .

جدول شماره 4-1

سریوم (Ce) : عنصر سریوم جزء زیر گروه سریوم و دارای عدد اتمی 58 و فراوانی پوسته ای 60 گرم در تن می باشد. بر پایه داده های جدول شماره 4-2 عنصر سریوم با میانگین 149571 گرم در تن دارای انحراف معیار 49454/5 در تمرکز های مونازیت می باشد. مقدار سریوم در کنسانتره ها از کمینه 30200 گرم در تن در چاهک شماره 143 تا بیشینه 242000 گرم در تن در چاهک 127 تغییر می کند. مقادیر چولگی و کشیدگی این عنصر به ترتیب 0/26- و 0/49- بوده که به تقریب نزد یک به حالت نرمال می باشد و به قدری به سمت چپ چولگی نشان میدهد (چولگی منفی)، که بیان از فراوانی کم نمونه های کم عیار در جامعه نمونه های کنسانتره می باشد.
هیستوگرام توزیع فراوانی عنصر سریوم به تقریب نزدیک به حالت نرمال بوده و چولگی جزئی به سمت چپ با عیارهای پائین نشان می دهد، با این وجود پراکندگی داده ها حول مقدار مرکزی به تقریب متقارن می باشد (شکل های 4-1).

لانتانیوم (La) : عنصر لانتانیوم جزء زیر گروه سریوم و دارای عدد اتمی 57 و فراوانی پوسته ای 30 گرم در تن است. بر پایه داده های جدول شماره 4-2، عنصر لانتانیوم با میانگین 66569 گرم در تن دارای انحراف معیار 21473/94 می باشد. مقدار لانتانیوم در کنسانتره ها از کمینه 14200 گرم در تن در چاهک شماره 143 تا بیشینه 107000 گرم در تن در چاهک 127 تغییر می کند. مقادیر چولگی وکشیدگی این عنصر به تقریب 0/29- و 0/41- بوده که بیان از چولگی جزئی توزیع این عنصر به سمت چپ یا مقادیر کم عیار می باشد، بعبارتی توزیع لانتانیوم در جامعه نمونه های کنسانتره به تقریب به حالت نرمال نزیدک است (شکل های 4-1).

شکلهای 4-1

شکلهای شماره 4-1

4-4- تجزیه خوشه ای عناصر نادر خاکی در کنسانتره مونازیت

فرآیندهای زمین شناسی، ژئوشیمیایی و پاراژنز کانیها به دلیل پیچیدگی تا اندازه ای ناشناخته بوده و با توجه به عدم دسترسی به هم اطلاعات نمی توان فرآیندهای فوق را به آسانی به روشهای تک متغیره تجزیه و تحلیل و یا شبیه سازی نمود. روش تجزیه خوشه ای برای حل مسائلی طرح شده که درآن با در دست داشتن مجموعه ای متشکل از n نمونه و اندازه گیری p متغیر می توان نمونه ها یا متغیرها را در کلاس هایی گروه بندی نمود که متغیرها یا نمونه های مشابه در داخل یک گروه قرار گیرند.

عناصر نادر خاکی از نوع لیتوفیل هستند، این عناصر علیرغم خواص ژئوشیمیایی مشابه خودشان در طی فرآیندهای مختلفی که در تشکیل کانی ها رخ می هد از همدیگر تفکیک می شوند. مکانیسم اصلی تفکیک عناصر نادر خاکی عبارت است :

- مکانیسم کریستالوشیمی
- اختلاف در خاصیت بازی این عناصر
- اختلاف در توانایی برای تشکیل کمپلکس ها و پایداری سازنده های کمپلکس
- پتانسیل اکسیداسیون – احیاء
- اختلاف در قدرت جذب سطحی، که سبب جدائی زیر گروه های سریوم و ایتریوم می شود. قدرت و ظرفیت جذب از La به Lu کاهش می یابد. این مکانیسم ها سبب می شود که برخی لانتانیدها بصورت انتخابی در ترکیب کانی های خاص قرار گیرند. برای مثال داویدیت کانی انتخاب لانتانیوم، تیترونیت، لوپاریت، بربانکیت، پاریزیت، مونازیت، سریت و رابدوفان کا نی های انتخابی سریوم، اشینیت، کانی انتخابی سریوم و نئودیمیوم، سامار سکیت کانی انتخابی گادولینوم، ایتریوم و اربیوم، اگزنیت و فروگوزنیت کانی های انتخابی ایتریوم هستند.

بر این اساس در بررسی های ژئوشیمیایی، عناصر نادر خاکی را به زیر گروه های زیر تقسیم می کنند:

- زیر گروه لانتانیوم La, Ce, Pr, Nd
- زیر گروه ایتریوم Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho

- زیر گروه اسکاندیوم Er, Tm,Yb, Lu

حال با عنایت به مطالب فوق به تفسیر ساختار درختی عناصر نادر خاکی در کنسانتره های مونازیت پرداخته می شود (شکل 4-2).

ساختار درختی عناصر نادر خاکی در کنسانتره های مونازیت مروست بر پایه ضرایب همبستگی این عناصر ترسیم گردیده است (شکل شماره 4-2) بعبارتی پارامتر مشابهت در اتصال خوشه ها ضریب همبستگی است، با نگاه به نمودار درختی عدم سازگاری عنصر Er با سایر عناصر گروه لانتانیدها جلب توجه می کند، مطالعه کا نی شناسی عناصر نادر خاکی نشان می دهد که عنصر اربیوم به همراه ایتریوم بصورت ترکیبات فسفاتی، اکسیدی – هیدروکسیدی و سیلیکاتی یافت می شود و کانی مونازیت نسبت به اربیوم فقیر شدگی شدیدی نشان می دهد. بر این اساس عدم همبود و قرابت اربیوم با سایر عناصر نادر خاکی در کنسانتره های مونازیت توجیه می شود.

صرف نظر از عنصر اربیوم، عناصر نادر خاکی در کنسانتره مونازیت در دو گروه اصلی A(Ce, La) و B(Nd, Pr, Gd, Eu, Sm, Dy, Ho, Tm, Tb,Lu) قرار گرفته اند. گروه B به زیر گروه های B1, B2 و زیر گروه B1 به نوبه خود به رده های B1-1 , B1-2 قابل تقسیم است.

گروه A : در این گروه دو عنصر Ce و La همبود بسیار خوبی با همدیگر داشته و با همبود خوب به عناصر رده B1-1(Nd, Pr) و همبود نسبی به عناصر رده B1-2(Gd, Eu, Sm) متصل شده اند. مجموعه Ce, La, Nd, Pr این نمودار را می توان تحت زیر گروه لانتانیوم نامگذاری نمود.

گروه B : این گروه شامل زیر گروه های B1 , B2 بوده که زیر گروه B1 رده های B1-1 , B1-2 را دربر می گیرد.

رده B1-1 : در این رده عناصر Pr, Nd همبود بسیار خوبی با همدیگر داشته و با همبود خوب به عناصر رده B1-2 و همبود متوسط تا خوب به گروه A (Ce, La) وصل شده اند.

رده B1-2 : در این رده عناصر Gd, Eu, Sm همبود بسیار خوبی با همدیگر داشته و با همبود خوب به عناصر رده (Nd, Pr)B1-1 و همبود نسبی به عناصر زیر گروه B2 بویژه Ho, Dy متصل گشته اند. مجموعه عناصر Ho, Dy, Tb, Sm,Gd, Eu را می توان تحت زیر گروه ایتریوم جدا نمود.

زیر گروه B2 : در این زیر گروه دو عنصر Ho, Dy همبود بسیار خوبی با همدیگر داشته و با همبود خوب با عناصر Lu, Tb, Tm در یک زیر گروه قرار گرفته اند. عناصر زیرگروه B2 با اربیوم همبود نسبی نشان می دهند. مجموعه Er, Lu, Tm را می توان تحت زیر گروه اسکاندیوم نام نهاد.

جدول شماره 4-2

شکل شماره 4-2

بخش پنجم

تکنیک رسم
و شرح نقشه های توزیع موازیت

1-5- تکنیک رسم نقشه ها

در بررسی ها ی آکتشافی، توزیع فضایی مقادیر غلظت عناصر یا کانی ها بصورت نقشه توصیف می شود، که طبیعت و مقیاس این نقشه به هدف مورد نظر بستگی دارد . نقشه های معدنی رامیتوان به دو گروه تقسیم کرد :

نقشه هایی که غلظت عناصر را در محل نمونه هایشان نشان می دهند (نقشه های نمادین).
نقشه هایی که تاکید بر الگوی توزیع عناصر در مقیاس ناحیه ای و محلی دارند (نقشه های کنتوری و طیفی).

تکنیک رسم نقشه های نوع دوم بطور مرسوم و گسترده در بسیاری از نرم افزارهای کامپیوتری مورد استفاده قرار میگیرد. اساس این روش درون یابی مقادیر برای نقاط فاقد اطلاعات یک شبکه منظم از روی داده های موجود است. به دنبال آن کنتورها از میان نقاط شبکه عبور داده میشود و رشته ای از مختصات که بیانگرسطحی با نقاط هم مقدار بر روی آن است، پدید می آورد. نظم شبکه لزوم ذخیره سازی جهت مختصات را برای هر نقطه گره در شبکه مرتفع ساخته و موجب تسهیلات بعدی در پردازش داده ها میگردد.

عوامل موثر در تغییر سطح پردازش نهایی عبارتند از :

الف) شمار نمونه ها : هر چه سطح پردازش شده دارای پیچیدگی بیشتری باشد، شمار داده های بیشتری برای توصیف آن مورد نیاز است. در پروژه اکتشاف مونازیت در پلاسر مروست، شبکه حفر چاهکهای اکتشافی منظم و در ابعاد 100×100 متر میباشد، نمونه برداری نیز در ابعاد شبکه مذکور ودر مساحتی حدود 1/6 کیلومتر مربع انجام شده است.

ب) توزیع فضایی نمونه ها: وضعیت نقاط نمونه برداری بر پایه سرشت جستجو و محیط نمونه برداری تغییر میکند. در این پروژه داده ها دارای توزیع فضایی مناسب میباشد، برای اینکه نمونه گیری بر مبنای یک شبکه منظم و سیستماتیک صورت گرفته است.

ج) ابعاد شبکه : هر چه شبکه تخمین بکار رفته در درون یابی داده ها چگالتر باشد، مقادیر نمایش داده شده، به حقیقت نزدیکتر خواهند بود. این به دلیل آنست که احتمال قرار گرفتن هر منطقه داده

منفرد در کنار گره های شبکه بیشتر خواهد شد. در این پروژه به دلیل شبکه چگال تر، نقشه تخمینی واقعی است.

د) شمار داده های شرکت کننده در تخمین نقاط بدون اطلاعات : اگر یک گره شبکه منطبق بر یک نقطه فاقد داده باشد، آنگاه مقدار آن از نقاط همجوار تخمین زده میشود. بطور مشخص ممکن است، این تخمین از روی 4 تا 16 داده همجوار نقطه مجهول صورت پذیرد. تصمیم در باره ترکیب های گوناگون ابعاد شبکه و شمار داده های همجوار (تعیین شعاع تجسس و جهت آن) امری بسیار مشکل بوده، و در هر نقطه بستگی به ماهیت داده های همان منطقه دارد. بعبارت دیگر اگر یک شبکه باز انتخاب شود و شعاع جستجوی کوچکی در این مورد بکار بریم، تعدادی از داده ها ممکن است هیچگاه در تخمین مورد استفاده قرار نگیرد. بدین جهت بایستی حالات گوناگون تخمین را مورد بررسی قرار داد و از میان آنها بهترین انتخاب را که حداکثر تطابق را با مشاهدات صحرایی و طرح شبکه چاهک های حفاری داشته باشد، انجام داد.

آنچه که در بالا به آن اشاره شد، خلاصه ای از الگوریتم تکنیک رسم نقشه ها در پروژه اکتشاف مونازیت در محدوده باختری مروست است. نرم افزارهای مورد استفاده جهت رسم نقشه ها، Auto Cad map , Surfer, Excle است که تحت سیستم ویندوز عمل میکنند. فایل داده های اولیه با فرمت xls در نرم افزار Excel ساخته شده و به نرم افزار Surfer انتقال می یابد. در این مرحله ، برای متغیر مونازیت در امتداد مقاطع قائم طولی و عرضی، فایل تخمین مربوطه با پسوند grd ساخته می شود. در این فایل مختصات چهارگوش منطقه مورد مطالعه، تکنیک تخمین بکار رفته (روش عکس مجذور فاصله)، ابعاد سلول های مورد تخمین و شعاع تجسس برای یافتن نقاط دیگر و تخمین بر اساس تمامی داده های موجود در همسایگی تعریف شده و برای هر یک از مقاطع قائم تخمین انجام می گیرد. فایل حاصل از این بخش با پسوند grd به بخش رسم نقشه نرم افزار منتقل شده، و نوع نقشه انتخاب می گردد. در این پروژه برای ترسیم نقشه های مقاطع قائم طولی و عرضی از تکنیک رسم بصورت کنتوری بهره جسته ایم، در صورتیکه برای نمایش توزیع مونازیت در امتداد سطوح مختلف افقی، ابتداء محدوده هر نقطه از طرح شبکه با رسم چند ضلعی هایی در محیط نرم افزار Autocad map مشخص شده، سپس تغییرات عیار مونازیت بصورت

رنگ های با مرز مشخص نشان داده شده است. در این پروژه، تغییرات عیار مونازیت در امتداد سطوح مختلف افقی و مقاطع قائم طولی و عرضی در پنج رنگ به شرح زیر تعریف شده است :

رنگ	دامنه مقادیر (ppm)
قرمز	> 300
کرمی رنگ	300-250
زرد کمرنگ	250-200
سبز کمرنگ	200-150
آبی کم رنگ	150-100
آبی پر رنگ	< 100

در بخش راهنمای نقشه های سطوح افقی موارد زیر به چشم می خورد :

- حدود رنگ و دامنه مقادیر
- نمادهای بکار رفته اعم از موقعیت چاهک های اکتشافی، آبراهه های اصلی و فرعی، منحنی های میزان ارتفاعی اصلی و فرعی، نقاط ارتفاعی، ایستگاه های نقشه برداری و ...
- نام منطقه نقشه
- نوع نقشه
- مقیاس عددی نقشه
- نماد شمال نقشه
- تاریخ تهیه نقشه
- افراد مسئول در اجرای پروژه

2-5- شرح نقشه ها و مقاطع توزیع مونازیت

در پلاسر محدوده باختری، جهت اطلاع از تغییرات افقی و قائم مقادیر مونازیت، توزیع این کانی در امتداد سطوح مختلف افقی (از افق های متر اول تا هشتم) و در امتداد مقاطع قائم طولی و

عرضی نمایش داده شده است. علاوه بر این، نقشه ای بر مبنای میانگین عیار مونازیت در هر چاهک اکتشافی تهیه شده است. برای نشان دادن ضخامت آبرفت در قسمتهای مختلف پلاسر نیز، نقشه ای با نام عمق سنگ بستر ترسیم گردیده است. در زیر به شرح جداگانه هر یک از نقشه ها و مقاطع پرداخته می شود :

1-2-5- نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر اول

این نقشه توزیع مونازیت را در افق متر اول چاهک های اکتشافی در آبرفت های محدوده باختری نشان می دهد. تحلیل های آماری حاکی است که از تعداد کل نمونه های چاهک ها (697 عدد)، تعداد 150 نمونهدراین سطح افقی قرار میگیرند. در سطح افقی متر اول مقادیر مونازیت از کمینه 20/37 گرمدر تن تا بیشینه 527/71 گرم در تن تغییر میکند، که میانگین آن 202/18 گرم در تن است. این نقشه برپایه دادههای خام ترسیم شده، و دامنه تغییرات مقادیر مونزایت دراین افق به رنگ های مختلف نمایان گردیده است. بطوریکه ازنقشه بر می آید متر اول چاهک های اکتشافی شماره های 95، 100، 74، 94، 119، 141، 128، 41، 71، 118، 73، 38، 22، 137، 48، 117 و 146 از مقدیر مونازیت قابل ملاحظه ای برخوردار می باشند و مقادیر مونازیت متر اول چاهک ها بیش از 300گرم در تن اندازه یگری شده است (نقشه شماره 3).

2-2-5- نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر دوم

این نقشه توزیع مونازیت ار در افق متر دوم چاهکه ای اکتشافی در آبرفت های محدوده باختری نشان میدهد. تحلیل های آماری حاکیاست که از تعداد کل نمونه های چاه ها (697 عدد)، تعداد 141 نمونه از این افق برداشته شده است . در افق متر اول مقادیر مونازیت از کمینه 1/26 گرم در تن تا بیشینه 678/13 گرم در تن تغییر می کند ، که میانگین آن 160/26 گرم در تن است .

این نقشه بر پایه داده های خام ترسیم شده ، و دامنه تغییرات مقادیر مونازیت در این افق به رنگ های مختلف نمایان است. بطوریکه از این نقشه بر می آید متر دوم چاهک های شماره های 63،46،23،19،138،136،38،96،40،12،71،117 از مقادیر مونازیت قابل ملاحظه ای

برخوردار هستند ، و مقادیر مونازیت در متر دوم این چاهک ها بیش از 300 گرم در تن محاسبه شده است (نقشه شماره4).

5-2-3 نقشه توزیع مومنازیت در سطح افقی متر سوم

این نقشه توزیع مونازیت رادر افق متر سوم چاهک خطای اکتشافی در آبرفت های محدوده باختری نشان می دهد . تحلیل های آماری حاکی است که از 697 نمونه کانی سنگین تعداد116 نمونه از افق متر سوم برداشت شده است. در این افق ،مقادیر مونازیت از کمینه 2/5 گرم درتن تا بیشینه 431/28 گرم در تن در تغییر است ،که میانگین آن 126/87 گرم در تن می باشد . این نقشه بر پایه داده های خام ترسیم گشته، و دامنه تغییر مقادیر مونازیت به رنگ های مختلف نمایاناست .بطوریکه از این نقشه بر می آید متر سوم چاهک های اکتشافی شماره های 21،64،76،47،48،28،14،29،138،23،54،15 از مقادیر مونازیت قابل ملاحظه ایبرخوردار هستند . ومقادیر مونازیت در متر سوم این چاهک ها بیش از 250 گرم در تن بر آورد گردیده است (نقشه شماره5)

5-2-4-نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر چهارم

این نقشه توزیع مونازیت را در افق متر چهارم چاهک های اکتشافی در آبرفت های محدوده باختری نمایش می دهد . از این افق تعداد 84 نمونه کانی سنگین برداشت شده است .مقادیر مونازیت نمونه ها از کمینه 1/25 تا بیشینه 442/14 گرم در تن تغییر می کند ،که میانگین آن 129/14 گرم در تن میباشد.این نقشه بر پایه داده های خام ترسیم شده است .بطوریکه از نقشه افق چهارم مشخص است ،متر چهارم چاهک های شماره های 71،13،56،32،65،39،144،148،21،7،133،29،63،15،138،40 ازمقادیر مونازیت قابل ملاحظه ای برخوردار مس باشند ،مقادیر مونازیت در این چاهک ها بیش از 200 گرم در تن بر آوردشده است (نقشه شماره 6).

5-2-5-نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر پنجم

این نقشه توزیع مونازیت را درافق پنجم چاهک های اکتشافی در آبرفت های محدوده باختری نمایش می دهد . از این افق تعداد60 نمونه کانی سنگین برداشت و مطالعه شده است .مقادیر مونازیت نمونه ها از کمینه 1/15 تا بیشینه 403 گرم در تن تغییر می کند، که میانگین آن 110/44 گرم در تن می باشد .دامنه تغییرات مقادیر مونازیت بوسیله رنگ های مختلف و با مرز مشخص نشان داده شده است . بطوریکه از نفشه افق متر پنجم پیداست ، چاهک های شماره های 64، 63، 40، 47، 124، 33، 29، 32، 128، 49، 97، 7 در این عمق دارای مقادیر مونازیت بیش از 150 گرم در تن می باشند (نقشه شماره 7).

6-2-5-نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر ششم

این نقشه توزیع مونازیت را در افق شش متری چاهک های اکتشافی در آبرفت های محدوده باختری نشان می دهد .از این افق تعداد 45 نمونه کانی سنگین برداشت ومطالعه شده است .مقادیر مونازیت از کمینه 1/37 تا بیشینه 534 گرم در تن تغییر میکند ،که میانگین آن 110 گرم در تن است.در نقشه توزیع مونازیت در سطح شش متری ،چاهک های شماره های 33، 48، 128،41، 77، 16، 145، 49، 50، 47، 63 دارای مقادیر مونازیت بیش از 150در تن هستند (نقشه شماره8).

7-2-5- نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر هفتم

این نقشه توزیع مونازیت را در افق هفت متری چاهک های اکتشافی در آبرفت های محدوده باختری نشان می دهد . از این افق تعداد36 نمونه کانی سنگین برداشت و مطالعه شده است . مقادیر مونازیت از کمینه 2/56 تا 828/73 گرم در تن در تغییر است ،که میانگین آن 112 گرم در تن می باشد . در نقشه توزیع مونازیت در افق متر هفتم،نمونه های 63،58،85،78،16،50،128،140،134،144،77،70 دارای مقادیر مونازیت بیش از 100 گرم در تن هستند (نقشه شماره9).

5-2-8- نقشه توزیع مونازیت در سطح افقی متر هشتم

این نقشه توزیع مونازیت را در افق متر هشتم چاهک های اکتشافی در آبرفت های محدوده باختری نمایش می دهد. از این افق تنها 24 نمونه کانی سنگین برداشت و مطالعه شده است .برای اینکه ما بقی چاهک ها در این عمق به سنگ بستر رسیده اند . مقادیر مونازیت در این نمونه ها از کمینه 10/17 تا بیشینه 687/5 گرم در تن تغییر می کند ، که میانگین آن 126 گرم در تن است . چاهک های شماره های 16،85،42،77،123،97،50،103،114،79 در این افق دارای مقادیر مونازیت بیش از 100 گرم در تن هستند (نقشه شماره 10).

5-2-9- نقشه توزیع مونازیت بر اساس مقدار میانگین آن در هر چاهک

این نقشه توزیع مونازیت را بر اساس میانگین آن در هر چاهک نشان می دهد . برای تهیه چنین نقشه ای ابتداء مقادیر میانگین مونازیت در هر چاهک محاسبه شده ، سپس توزیع آن در قالب نقشه ای ارائه شده است . در این نقشه ، مقادیر مونازیت از کمینه 20/37 گرم در تن در چاهک 61تا بیشینه 524 گرم در تن در چاهک 100تغییر می کند ، که میانگین آن 159 گرم در تن است . در پلاسر محدوده باختری ، چاهک های شماره های 100،63،141،138،15،22،95،16،40،29 از مقادیر میانگین مونازیت قابل ملاحظه ای برخوردار بوده ، ومیانگین مونازیت در این چاهک هابیش از 250 گرم در تن میباشد (نقشه شماره11).

5-2-10- توزیع مونازیت در امتداد پروفیل های عرضی

در اکتشاف تفصیلی مونازیت در محدوده باختری چاهک های اکتشافی در امتداد 9 پروفیل عرضی طرح ریزی شده اند . این پروفیل ها به ترتیب از A تا I نامگذاری شده اند (نقشه شماره2 موقعیت پروفیل ها و چاهک های اکتشافی) فاصله پروفیل ها از یکدیگر 100 متر بوده ، ودر امتداد پروفیلها نیز چاهک ها به فواصل 100 متر حفر گردیده اند.

نتایج حفریات اکتشافی نشان داده است که آبرفت مونازیت دار محدوده باختری در امتداد پروفیل های I,B,A از ضخامت کمتری برخوردار می باشد ، بطوریکه پروفیل A در موقعیت برخی ای از چاهک های اکتشافی سنگ بستر را قطع می نماید . از اینرو ، برای نمایش توزیع مونازیت در امتداد پروفیل های عرضی و از سطح به عمق پلاسر پروفیل های H,G,F,E,D,C انتخاب شده ،ومقاطع قائم توزیع مونازیت در امتداد این پروفیل ها ترسیم شده اند . مقاطع قائم توزیع مونازیت در امتداد این پروفیل ها در قالب نقشه شماره 12 ارائه شده است . ویژگی های توزیع مونازیت در پروفیل های یاد شده ، در جدول شماره 5-1 آورده شده است .

11-2-5- توزیع مونازیت در امتداد پروفیل های طولی

در پلاسر مونازیت محدوده باختری چاهک های اکتشافی در امتداد 19 پروفیل طولی طرح ریزی گردیده اند. این پروفیل ها به ترتیب از شماره های 1 تا 19 نامگذاری شده اند(نقشه شماره 2 ، موقعیت پروفیل ها و چاهک های اکتشافی). فواصل پروفیل ها و چاهک ها از همدیگر 100 متر انتخاب شده است. .برای نمایش توزیع مونازیت در امتداد پروفیل های طولی واز سطح به عمق پلاسر ، پروفیل های شمارههای1،3،5،7،11،15،17،19 انتخاب گردیده اند، ومقاطع قائم توزیع مونازیت در امتداد این پروفیل ترسیم شده است . مقاطع قائم توزیع مونازیت در امتداد این پتروفیل ها در قالب نقشه شماره 13 ارائه شده است . ویژگی های توزیع مونازیت در پروفیل های مذکور در جدول شماره 5-2 آورده شده است .

جدول 5-1: ویژگی های توزیع مونازیت در پروفیل های عرضی پلاسر محدوده باختری مروست.

پروفیل عرضی	چاهک های واقع درامتدادپروفیل	تعداد نمونه های کانی سنگین	مقادیر کمینه و بیشینه ضخامت آبرفت	مقادیر کمینه وبیشینه مونازیت (ppm)	میانگین عیار مونازیت در پروفیل (ppm)	شماره نقشه ونام مقطع
C	15حلقه	46	ضخامت آبرفت از 1 متر در چاهک 109 تا 7 متر در چاهک 98 تغییر می کند .	مقادیر مونازیت از 110در نمونه (2)3 تا 338 گرم در تن در نمونه (2)19 در تغییر است.	126/12	نقشه شماره 12 ، مقطع قائم C
D	18حلقه	62	ضخامت آبرفت از 1 متر در چاهک 81 تا 6 متر در چاهک 110 تغییر می کند .	مقادیر مونازیت از 3/7 در نمونه (4)92 تا 393 گرم در تن در نمونه (1)119در تغییر است .	137/35	نقشه شماره12 ،مقطع قائم D
E	18حلقه	69	ضخامت آبرفت از 1متر در چاهک 131 تا 8 متر در چاهک 38 تغییر می کند .	مقادیر مونازیت از 1/26 در نمونه (2)82 تا 524 در نمونه (1)100در تغییر است.	146/5	نقشه شماره 12 ،مقطع قانم E
F	19حلقه	71	ضخامت آبرفت از 1متر در چاهک 101 تا 7 متر در چاهک 70 تغییر می کند .	مقادیر مونازیت از 1/25 در نمونه (4) 94 تا 829 گرم در تن در نمونه (7)63در تغییر است.	205/5	نقشه شماره 12 ،مقطع قائم F
G	19حلقه	95	از 2 متر در چاهک 139 تا 10متر در چاهک 49تغییر می کند .	مقادیر مونازیت از 1/5 در نمونه (5)149 تا 528 گرم در تن در نمونه (1)95در تغییر است.	160/36	نقشه شماره 12 ،مقطع قائم G
H	18حلقه	157	از 2متر در چاهک 17 تا 15متر در چاهک 103 تغییر می کند.	مقادیر مونازیت از 1/25 در نمونه(11)96 تا 459 گرم در تن در نمونه (19)74 تغییر می کند .	120/23	مقشه شماره12 ،مقطع قائم H

جدول 5-2: ویژگی های توزیع مونازیت در پروفیل ها ی طولی پلاسر محدوده باختری مروست .

پروفیل طولی	چاهک های واقع در امتداد پروفیل	تعداد نمونه کانی سنگین	مقادیر کمینه و بیشینه ضخامت آبرفت	مقادیر کمینه و بیشینه مونازیت (ppm)	میانگین عیار مونازیت (ppm)	شماره نقشه و نام مقطع
1	چاهک های شماره های 1،2،3،4،5،6،7،8،9،10	36	ضخامت آبرفت از 1 متر در چاهک شماره 2 تا9 متر در چاهک 8 تغییر می کند .	مقادیر مونازیت از 11 گرم درتن درنمونه (2)3 تا 343 گرم در تن در نمونه (4)7 در تغییر است.	126	نقشه شماره13،مقطع قائم 1
3	چاهک های شماره های 18،19،20،21،22،23،16،24،25	39	ضخامت آبرفت از 2 متر در چاهک 20تا 9متر در چاهک 16تغییر ی کند .	مقادیر مونازیت از 13/75 در نمونه (2)22تا 687/5گرم در تن در نمونه (8)16در تغییر است.	187	نقشه شماره13،مقطع قائم 3
5	چاهک های شماره های	53	ضخامت آبرفت از 1 متر در چاهک 34 تا 10متر در چاهک 42 تغییر می کند .	مقادیر مونازیت از2/5 در نمونه (10)42 تا 442گرم در تن در نمونه (4)40در	141/5	نقشه شماره 13،مقطع قائم 5

	43،42،40،39،38،37،36،35،34			تغییر است .		
7	چاهک های شماره های 59،58،57،48،56،55،54،53،52	44	ضخامت آبرفت از 2 متر در چاهک های 52 و 53 تا 9 متر در چاهک 48 در تغییر است.	مقادیر ممونازیت از 1/22 در نمونه (5)67 تا 398 گرم در تن در نمونه (7)58در تغییر است.	146	نقشه شماره13 ،مقطع قائم 7
11	چاهک های شماره های 86،85،84،83،82،81،80	27	ضخامت آبرفت از 1متر در چاهک 81 تا 12متر در چاهک 85 تغییر میکند .	مقادیر مونازیت از 1/26 در نمونه (2)82 تا 341 گرم در تن در نمونه (8) در تغییر است.	151	نقشه شماره 13 ،مقطع قائم 11
15	چاهک های شماره های 105 تا 115	53	ضخامت آبرفت از 1متر در چاهک 109 تا 10متر در چاهک 114 تغییر میکند .	مقادیر مونازیت از 1/28 در نمونه (4)111 تا 294 گرم در تن درنمونه (1)114 در تغییر است .	104	نقشه شماره13،مقطع قائم 15
17	چاهک های شماره های 125 تا 134	38	ضخامت آبرفت از 1 متر در چاهک 131 تا11متر در چاهک 134 تغییر می کند.	مقادیر مونازیت از 10در نمونه (5)133 تا (19)354 گرم در تن در نمونه (1)128در تغییر است .	129/5	نقشه شماره 113،مقطع قائم 17
19	چاهک های شماره های141 تا 150	42	ضخامت آبرفت از 1متر در چاهک های 141 و143 تا 8 متر در چاهک 150 تغییر می کند.	مقادیر مونازیت از 1/15در نمونه (5)149 تا 379 گرم در تن در نمونه (1)141 تغییر می کند .	127/5	نقشه شماره 13،مقطع قائم 19

12-2-5-نقشه هم ضخامت آبرفت های مونازیت دار مروست (محدوده باختری)

این تقشه تغییرات ضخامت آبرفت را در بخش های مختلف پلاسر محدوده باختری مروست نشان می دهد .در نقشه مذکور تغییرات ضخامت آبرفت بوسیله رنگ هایی با مرز مشخص نمایش داده شده است .نتایج بدست آمده از حفر چاهک های اکتشافی حاکی است که ضخامت آبرفت از 1متر در چاهک های اکتشافی به شماره های 143 ،141 ،131 ،109 ،101 ،100 ،82 ،81 ،61 ،60 ،53 ،34 ،22 ،3 ،2 ،1 تا 15 متر در چاهک شماره 103 تغییر می کند ، که میانگین ضخامت آبرفت در این پلاسر حدود 4/5 مبر است . بطور کلی آبرفت های محدوده باختری در امتدا پروفیل های G وH از ضخامت قابل ملاحظه ای بر خوردار می باشد و بطوریکه از نقشه هم ضخامت بر می آید ، آبرفت در محدوده چاهک های اکتشافی شماره های 140،123 ،79 ،134 ،50 ،96 ،114 ،8 ،16 ،48 ،49 ،77 ،23 ،38 ،42 ،97 ،104 ،115 ،85 ،103 دارای ضخامت بیش از 8متر می باشد ،و به سمت کرانه های آبرفت از ضخامت آن کاسته می شود .

رنگ	دامنه تغییرات ضخامت (متر)
بنفش	> 8
آبی سیر	6 – 8
آبی فیروزه ای	4 – 6
سبز	2 – 4
زرد	< 2

بخش ششم

تخمین و ارزیابی ذخیره مونازیت و عناصر خاکی کمیاب در پلاسر محدوده باختری

1-6- مقدمه

پس از اکتشافات ناحیهای و نیمه تفصیلی و اثبات وجود یک ذخیره ، در مرحله بعد لازم است به تخمین خصوصیات ذاتی و توزیع فضائی کانسار پرداخا . بدیهی است که کل محدوده یک ذخیره بدلایل گوناگونی که همگی روی معدن کاری اقتصادی اثر می گذارند ممکن است قابل استخراج و بهره برداری نباشد .

مهمترین عوامل موثر در اقتصادی بودن عبارتند از عیار ،ذخیره،تکنولوژی فرآوری و بازار مصرف.برای محاسبه ذخیره قابل انتخراج وبه دنبال آن طراحی بهینه انتخراج لازم است که اطلاعات تفصیلی از خصوصیات ذخیره در دسترس باشد . این خصوصیات شامل توزیع فضایی نهشته پر عیار کم عیار و باطله و همچنین نحوه تغییر پذیری ضخامت نهشته معدنی و باطله ،همبستگی بین عیار کانه اصلی و نحصولات فرعی (کانه های با ارزش)می باشد .

برای تعیین این خصوصنات لازم است داده های سه بعدی (سطحی و عمقی)در اختیار داشت .بنابر این باید نمونه برداری بر یک شبکه متارکم صورت گیرد . چگالی شبکه نمونه برداری برای تیپت های مختلف کانساری متفاوت است بیشترین آن در کانسارهای رگه ای و کمترین آنها در کانسارهای پرفیری است در پلاسر مونازیت مروست (محدوده باختری)که محدوده ای بوسعت تقریبی 2 کیلو متر مربع را شامل می شود ابعاد شبکه حفر چاهکهای اکتشافی 100 ×100 متر انتخاب شده و در امتداد چاهک ها به ازای هر متر یک متر یک نمونه برداشت شده است با استفاده

از داده هایحاصل از چنین شبکه نمونه برداری می توان به تخمین بلوکی کانسار پلاسری مذکور اقدامنمود

روشهای تخمین ذخیره را میتوان به طور کلی به دو گروه شامل روشها ی سیتی و جدید تقسیم کرد روشهای سنتی مبتنی بر هندسه و قضایای هندسی می باشد تغییر پذیری عیار و ضخامت در تغیین هندسه کانسار دخالت چندانی ندارد از طرفی اصول این روشها از کانساری به کانسار دریگری تغییر نمی کند نتایج حاصل ار این روشها تابع هندسه ماده معدنی و هندسه شبکه حفاری ها است در این روشها یکسری اصول ثابت برای درون یابی و برون ییابی وجود دارد که مسنقل از تغییر پذیری عیار و ضخامت ماده معدنی عمل می کند اساس درون یابی این روشها فرض خطی یودن تغییرات است و اساس برون یابی آنها بر تجربه استوار می باشد درون یابی به تخمین یک پارامتر در نقطه ای که در اطراف آن داده وجود دارد گفته می شود . بعنوان مثال اگر در یک چاهک اکتشافی و یا گمانه مادهمعدنی قطع شده باشد و درگمانه دیگر قطع یشده باشد ماده معدنی از گمانه اول تا وسط فاصله بین دو گمانه گسترش داده میشود به این عمل درون یابی می گویند اگر در اطراف یک چاهک و یا گمایه اکتشافیداده ای موجود نباشد در اینصورت برون یابی صورت گرقته و ماده معدنی تا فاصله بین دو گمانه گسترش داده می شود روشهای جرید تخمین ذخیره بر اصول زمین آمار استوار است در صورتی که توزیع عیار و ضخامت در کانسار ساختار دار باشد می توان از این روشها نتیجه مساعد گرفت

1-5- روش تخمین ذخیره مونازیت در پلاسر مروست

در پلاسر مروست با توجه به ماهیت کانسار و توزیع به تقریب یکنواخت مونازیت در آبرفتها از روش سنتی برای تخمین ذخیره بهره گرفته شده است روش سنتی روشهای مختلفی همچون مقاطع (قائم و افقی) مثلث چند ضلعی و نقشه های هم عمق را شلمل می شود در کانسار پلاسری مونازیت مروست هر چند مقاطع قائم و افقی توزیع مونازیت برای سطوح و پروفیل های مختلف ترسیم گردیده است و عر کدان بطور جداگانه تتحلیل آماری شده اند ولی با توجته به شکل نهشته توزیع به تقریب بکنواخت مونازیت و شبکه سیستماتیک نمونه برداری (شبکه مربعی) از روش چند ضلعی برای تخمین و ارزیابی ذخیره استفاده شده است که ذدر زیر به شرح آن پرداخته می شود .

اگر در خلال اکتشافات نیمه تفصیلی و تفصیلی تعدادی گمانه و یا چاهک اکتشافی یه منظور تخمین وضعیت فضاییکانسار حفر شده باشد می توان محدوده کانسار را با به هم وصل کردن چاهک ها به چند ضلعی هایی تقسیم نمود اساس رسم این چند ضلعی ها استفاده از فرض تاثیر مساوی داده ها بدون توجه به جهت آنها است شعاع تاثیر هر چاهک تانصف فاصله آن تا گمانه مجاور فرض می

شود بنابر این ابعاد شبکه برداشتها و تا همسانگری آن تعیین کننده آن است نه ساختار کانسار و داده ها برای رسم چند ضلعی ابتدا گمانه ها به هم متصل می شوند و سپس عمود منصف های این خطوط رسم می شوند با رسم این عمود منصف ها حول هر گمانه یک چند ضلعی تشکیل می شود می توان هر یک از این چند ضلعی ها یرا منشوری از ماده معدنی در نظر گرفت دراین صورت میزان ذخیره از رابطه زیر محاسبه می شود

W=s1t1 +s2t2 +…+Sn tn n

که در آن Sn,…,S2,S1 مساحت مقاطع چند ضلعی های حاصل به روش فوق و Tn,…,T2,T1 ضخامت نهشته معدنی (آبرفت مونازیت دار)در هر یک از چاهک ها و بالاخره 1لا ، 2 لا ، ...، n لا وزن مخصوص آبرفت در هر یک از چاهک ها است که به عنوان تابعی از عیار مونازیت نهشته و عوامل دیگر باید تخمین زده میشود .

برای محاسبه ذخیره به روش چند لعی ابتدا محدوده نقشه را به روشی که در بالا گفته شد به چند ضلعی های تقسیم می کنیم در این جا چون شبکه منظم است لذا چند ضلعی های حاصل مدبع خواهد بود لازم به یاد آوری است که برون یابی تا 1/4 فاصله بین گمانه ها و درون یابی تا 1/2 فاصله بین گمانه ها صورت میگیرد بر این اساس نقشه شکل شماره 6-1 چند لعی های حاصل را نشان می دند ،بطوریکه ملاحظه می شود

- در ردیف چاهک های پروفیل شماره یک به تعداد بک بلوک یک بلوک A1با ابعاد 75 × 75 متر ، هفت بلوک H1,G1,F1,E1,D1,C1,B1 تا اتعاد 100 × 75 متر و بک بلوک I1 با ابعاد 75 × 75متر یافت می شود .

– در ردیف چاهک های پروفیل شماره دو به تعداد بک بلوک A2 با ابعا د 100 × 75 متر ، هفت بلوک H2,G2,F2,E2,D2,C2,B2 با ابعاد 100 × 100 متر و بک بلوک I2 با ابعاد 100 × 75 متریافت می شود .

– در ردیف چاهک های پروفیل شماره سه به تعداد بک بلوک A3 با ابعاد 100 × 75 متر هفت بلوک H3,G3,F3,E3,D3,C3,B3 با ابعاد 100 × 100متر و یک بلوک I3 با ابعاد 100× 75متر یافت می شود .

در ردیف چاهک های پروفیل شماره چهار به تعداد یک بلوک A4با ابعاد 100× 75 متر هفت بلوک C4,b44,F4,E4,D4H4,G,با ابعاد 100 × 100متر و یک بلوک I4 با ابعاد 100 × 75 متر وجود دارد.

- در دریف چاهک های پروفیل شماره چنج به تعداد یک بلوک A5 با ابعاد 100 × 75 متر هفت بلوک H5,G5,F5,E5,D5,C5,B5 تا ابعاد 100 × 100 متر و یک بلوک I5 با ابعاد 100 × 75 متر یافت می شود .
- در ردیف چاهک های پروفیل شماره شش به تعداد یک بلوک با ابعاد 100 × 75 متر شش بلوک

H6,G6,,F6,E6,D6,C6,B6 با ابعاد 100 × 100 متر ویک بلوک I6 با ابعاد 100 × 75 متر یافت می شود .

– در ردیف چاهک های پروفیل شماره هفت یک بلوک B7 با ابعاد 75 × 75 متر شش بلوک H7,G7,F7,E7,D7,C7,B7 با ابعاد 100 × 100 متر ویک بلوک I7 با ابعاد 100× 75 متر یافت می شود.

- در ردیف چاهک های پروفیل هشت یک بلوک C8 با ابعاد 100× 75 متر پنج بلوک H8,G8,F8,E8,D8 با ابعاد 100 × 100 و یک بلوک I8 با ابعاد 100 × 75 متر یافت می شود.
- در ردیف پروفیل های شماره نه یک بلوکD9 با ابعاد 100× 75 متر ، چهار بلوک H9,G9,F9,E9 با ابعاد 100 ×100 متر و یک بلوک I9 با ابعاد 100× 75 متر وجود دارد.
- در ردیف چاهک های پروفیل شماره ده یک بلوک D10 با ابعاد 100 × 75 متر چهار بلوک H10,G10,F10,E10 با ابعاد 100 100 متر و یک بلوک I10 با ابعاد 100 × 75 متر یافت می شود

در ردیف چاهک های پروفیل شماره 11 یک بلوک C11 با ابعاد 100× 75 متر پنجت بلوک H11,G11,F11,E11,D11 با ابعاد 100 × 100 متر و یک بلوک I11 با ابعاد 100 × 75 متر یافت می شود .

در ردیف چاهک های پروفیل شماره 12 یک بلو ک D12 با ابعاد 100 × 75 متر چهار بلوک H12,G12,F12,E12 با ابعاد 100 × 100 متر و یک بلوک I12 با ابعاد 100 × 75 متر وجود دارد

- در ردیف چاهک ها ی پروفیل شماره 13 یک بلوک D13 با ابعاد 100 × 75 متر چهار بلوک H13,G13,F13,E13 با ابعاد 100× 100 متر و یک بلوک I13 با ابعاد 100 × 75 متر یافت می شود

– در ردیف چاهک های پروفیل شماره 14 یک بلوک D14 با ابعاد 75 × 75 متر 5 بلوک H14,G14,F14,E14,D14, با ابعاد 100 × 100 متر و یک بلوک I14 با ابعاد 100 × 75 متر یافت میشود

– در ردیف چاهک ها پیروفیل شماره 15 یک بلوک 105 با ابعاد 100 × 75 متر 3 بلوک 106 B15,A15 با ابعاد 100 × 75 متر 6 بلوک H15,G25,F15,E15,D15,C15 با ابعاد 100 × 100 متر و یک بلوک I15 با ابعاد 100× 75 متر یافت میشود

– در ردیف چاهک های پروفیل شماره 16 تعداد یک بلوک میان چتاهک های 105 و 125 با ابعاد 100 × 75 متر 9 بلوک H16,G16,F16,E16,D16,C16,B16,A16 بلوک میان چاهک های 106و 126 با ابعاد 100 × 100 متر و یک بلوک I16با ابعاد 100 × 75 متر یافت میشود

– در ردیف چاهک های پرووفیل شماره 17 تعداد یک بلوک 125 با ابعاد 100 × 75 متر 8 بلوک 126 G17,F17,E17,D17,B17,A17 با ابعاد 100 × 100 متر و یک بلوک H17 با ابعاد 100 × 75 متر ییافت می شود

در ردیف چاهک های پروفیل شماره 18 تعداد یک بلوک میان چاهک های 125 و 141 با ابعاد 100 × 75 8 بلوک شامل بلوک میان چاهک های 126 و142 G18,F18,E18,D18,C18,B18,A18با ابعاد 100 × 100 متر و یک بلوک H18 با ابعاد 100 × 75 متر یافت میشود

- د رردیف چاهک های پروفیل شماره 19 تعداد یک بلوک 141 با ابعاد 75 × 75 متر 8 بلوک 142

G19,F19,E19,D19,C19,B19,A19با ابعاد 100 75 متر و یک بلوک H19 با ابعاد 100× 75 متر و یک بلوک H19با ابعاد 75 × 75 متر یافت میشود

ویژگی های هر بلوک شامل شماره ممساحت ضخامت عیار متوسط وزی مخصوص و ذخیره آن در جدول 6–1 ارائه شده است بر پایه محاسبات کل ذخیده پلاسر مونازیت محدوده باختر ی مروست 9453000 تن نهشته با عیار متوسط ب156/76 گرنم در تن مونازییت بر آورد می شود و ذخیده مونازیت خالص این پلاسر 1482 تن محاسبه میشود از آنجا که عیار متوسط تکسید عناصر خاکی کمیاب در کنسانتره های مونازیت (کمساتره های با بیش از 95 در صد مونازیت)پلاسر محدوده باختری اندازه گیری شده است (رجوع به بخش چهارم) بنابر این با داشتن ذخیره مونازیت خالص میزان ذخیره هر یک از اکسیدها عناصر خاکی کمیاب در پلاسر مونازیت محدوده باختری محاسبه گردیده است (جدول 6–2)

6–3 ملاحظات اقتصادی

امروزه عناصر خاکی کمیاب از پتانسیل ها اقتصادی کشورهای پیشرفته جهان به حساب می آیند این عناصر در صنایع دلاروئی الکترونیکی هسته ای فیبرهای نوری تهیهِ آلیااژهای خاص و غیره کاربرد دارند جانگاه صنعتی عناصر خاکی کمیاب سبب شده است که میزان استفادهاین عناصر

همواره در حال رشد باشد بر پایه داده های موجود کشودها چین ایالات متحده آمریکا هندوستان و شوروی سابق از تولید کنندگاه عمده عناصر خاکی کمیاب بوده و بیشتوین منا بع این مواد نیز در کشود چین واقع است .

کانسارهای پلاسری مونازیت نیز حائز اهمیت هستند و 71/4 در صد ذخایر تپلاسر ی مونازیت درنیا در کشورهندوستان واقع است میزان ذخیره پلاسرها یمونازیت هندوستان از 0/7 mt تا mt 8متغیر است و عیار مونازیت آها کمتر از 1 درسر (بطور متوسط 0/2 الی 0/3 در صد)می باشد مونازیت در کانسارها یپلاسری هندوستان بعنوان محصول جانبی و به همراه کانی های ایلمنیت زیر کن گارنت روتیل سیلیمانیت و لوکو لسن استخراج می شود /

میانگین عیار عناصر خاکی کمیاب برای تولید کنندگان ماسه های سنگین پائین بوده و از 0/04 درصد برای تولید کننده های استرالیایی تا 0/43 در صد برای برزیلی ها تغییر می کند کانسارها پلاسری بندرت بخاطر مونازیت مورد بهره برداری قرار میگیرند تنها مثال از این نوع کانسارها پلاسر بام رینس درپ Bam) (Rhynsdrop در آفریقای جنوبی است که در فاصله سالها ی1953 و 1963 منبع عمده مونازیت دنیا بوده است بزرگترین نهشته پلاسری مونازیت در ماسه های ساحلی استرالیا Bahina&Espirito Santo) (States شناخته شده است و در این پلاسر مقدار کانیهای سنگین تا 80 در صد نیز میرسد که دراین میان مقدار مونازیت از 1 تا 20 در صد تغییر میکند از دیگر معادن فعال پلاسر ی مونازت در انیا میتوان از معادن اقع در کشود های سر ی لانکا مالری اندونزی تایلند و کره شمالی را نام برد که عیار مونازیت در این پلاسرها کمتر از 1 در صدگزارش شده است متوسط عیار اقتصادی اکسید عناصر خاکی کمیاب در کانسارهای پلاسر ی از 400 تا 4000 گرم در تن تغییر میکند از آنجا که عناصر خاکی کمیاب بطور متوسط 50 در صد ترکیب مونازیت را تشکیل میدهند بنابر این با رعایت احتیاط میتوان متوسط عیار اقتصاری مونازیت در کانسارهای پلاسری را از 800 تا 8000 گرم در تن در نظر گرفت اگر میانگین عیار مونازیت در کانسارهای پلاسری کم عیار دنیا 800 گرم در تن فرض شئد می توان نتیجه تگرفت که میانگین عیار مونازیت در پلاسر مروست (150گرم در تن) کمتر از میانگین کانسارهای پلاسری کم عیار میباشد دیگر این که هیچ کانی ارزشمندی مونازیت رادر این پلاسر همراهی نمی کند

داده ها ی موجود نشان می دهد که قیمت یک تن کنسانتره مونازیت با حداقل عیار اکسید عناصر خاکی کمیاب 55/5 در صد حدود 730 دلار آمریکا می باشد اگر میزان بازیافت در پلاسر مروست (محدوده باختری) بطور صد در صد انجام پذیرد ارز ش اقتصادی 1482 تن کنسانتره مونازیت

مروست با عیار متوسط اکسید عناصر خاکی کمیاب حدود 40 در صد 1011860 دلار بر آورد می شود

بررسی ها بر روی قیمت عناصر کمیاب نیز نشان می دهد که فروش مونازیت بصورت خام و کنسانتره از نظر تقتصادی به رفه نیست و می بایست کنسانتره جهت جدا سازی عناصر کمیاب خاکی آن ، مراحل خاص فر اوری را پشت سر گذارد قیمت اکسید عناصر خاکی کمیاب (Ys/Kg)در بازارهای جهانی عیار متوسط اکسید این عناصر در کنسانتره مونازیت مروست (Kg/ton)و میزان ذخیده (kg) آنها برای شرایط بازیافت 100،75،50 در صد و ارزش اقتصادی آنها در پلاسر مروست در جدول 6-3 آورده شده است .

بررسی های کانه آرایی در مقیاس نیمه صنعتی نشان می دهد که میزان بازیافت در پلاسر مروست حدود 45 تا 50 در صد است از آنجا که محصولات متوسط و کن عیار حاصل از فر آوری بعنوان بار در گردش مجددا وارد مدار کانه آرایی می شوند بنابر این میزان باز یافت تا 75 در صد قابل افزایش ایت . لازم به ذکر است که مطالعات کانه آرایی مجدد بررسی نمونه اولیه ای به وزن 10 تن نیز در حال انجام است ، که نتایج این مطالعات در قالب گزارش جداکانه ای ارائه خواهد شد . مسائل فوق توجیه ادامه فعالیت های معدنی در پلاسر مروست (محدوده باختری) را تحت شعاع قرار می دهد از آنجا که مونازیت مروست بعنوان اولین کانسار پلاسری مونازیت و عناصر خاکی کمیاب در کشود مطرح است و اسن که سأبرفت های مونازیت دار در اسن منطقه و مناطق دیگر از سنندج – سیر جان از گسترش قابل ملاحظه ای برخوردار هستند ، از این رو انجام مطالعات فنی – اقتصادی و بررسی های فرآوری روی کنسانتره مونازیت جهت آرایش عناصر خاکی کمیاب در این از پس پلاسر ی توصیه می گردد که در صورت اخذ نتایج مثبت به تجهیز و راه اندازی معدن در مقیاس کوچک و محلی اقدام شود.

بخش هفتم

نتیجه گیری و پیشنهادها

1-7- نتیجه گیری

اکتشافات تفصیلی در ابرفت های جنوب مروست (محدوده باختری) به نتایجی که در زیر به اهم آنها اشاره می شود :

- اکتشافات تفصیلی در پلاسر محدوده باختری با حفر 150 حلقه چاهک ا کتشافی در ابعاد شبکه 100 ×100 متر اجرا شده است .
- – نتایج حفاری ها ینشان می دهد که ضخاات آبرفت از 1 متر در موقعیت چاهک های شماره هی 1،2،3،22،53،60،61،81،82،100،101،131،141،143 تا 15 متر در موقعیت چاهک شماره 103 تغییر میکند . بطور کلی آبرفت در محدوده پروفیل های عرضی G,F,E,D از ضخامت قابل ملاحظه ای برخوردار بوده ضخامت متوسط آبرفت حاود 405 متر براورده شدهاست .
- – مقادیر گرم در ان مونازیت در نمونه های کانی سنگین از مقدار کمینه 1/15 گرم در تن تا مقدار پیشینه 828/73 گرم در تن تغییر میکند که میانگین آن 145/22 گرم در تن بر آورد شده شات لازم به ذکر است ککهک کدر محاسبه ذخیره مومنازیت در پلاسر محدوده باختری نمونه هایی که مقادیر مونازیت آنها ککمتر از 20 گرم در تن بوده است از فر آیند تخمین ذخیره کنار

گذارده شده و به همین خاطر میانگین عیار مونازییت در بخش تخمین و ارزیابی ذخیره 156/76 گرم در تن محاسبه گردیده است .

- مونازیت تنها کانی ارزشمند و اقتصادی پلاسر مروست به حساب می اید و کانی های پیریت هماتیتی شده هماتیت سلستیت اپیدوت باریت پیروکسنن آمفیبول سر یسیت قطعات سنگی (شیل آهک ماسه سنگ کنگلومرا) کلسیت کوارتز لیمونیت و بندرت زیر کن ،آپاتیت ، روتیل ، گارنت و شیئلیت کانی مونازیت را در این پلاسر همراهی میکنند .
- تجزیه کنسانتره های مونازیت برای عناصر خاکی کمیاب (به روش Icp-Ms)نشان می دهد که مونازیت مروست غنی از عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE)و میانی (MREE) است که در این میان مقدار EUآن قابل ملاحظه است . متوسط مقدار REE2O3 کنسانتره های مونازیت حدود 40در صد بر اورد شده است .
- – مطالعه بک مینرال های مونازیت به روش های LA-ICPMS,EMPA ثابت می نماید ، که مونازیت مروست میانبارهای از کانی های کوارتز ، کلسیت ، کلریت ، سریسیت و آلبیت را دارا است ، و با افزایش درصد میانبارها از مقادیر REE مونازیت کاسته می شود .
- – مطالعه تغییر پذیری مقادیر مونازیت در امتداد افق ها ، مقاطع قائم عرضی و طولی و چاهک ها نشان می دهد که مقادیر مونازیت از سطح به عمق و از بالا دست آبرفت به پایین دست آن رو به کاهش است ، ولی عمود بر امتداد آبراهه ها تغییر پذیری مقدیر مونازیت کم می باشد.

ضمیمه شماره یک

- نتایج گرم در تن مونازیت در 697 نمونه گانی سنگین

- مختصات UTM چاهک ها در پلاسر محدوده باختری

==========

جمهوری اسلامی ایران

وزارت صنایع و معادن

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

طرح اکتشاف سراسری مواد معدنی

گزارش اکتشاف تفصیلی مونازیت و عناصر خاکی کمیاب در آبرفت های جنوب مروست – یزد (محدوده باختری)

مجری طرح : بهروز برنا

ناظر علمی : مسعود علی پور

مشاور : شرکت توسعه علوم زمین

85–1383