sina-pub.ir

محدودیت های زمین شناسی و ایزوتوپی در تکامل فلززایی ذخایر روی-مس رسوبی برزیل

خلاصه

مطالعات منسجم از هفت ذخیره سولفید سر-نقره-روی با میزبانی پروتروزوییک در برزیل، برآورد سن دنباله میزبان و کانی، ماهیت منابع گوگرد و فلزات, محدوده دمای تشکیل سولفید و محیط رسوب را میسر نموده اند. این رسوبات را می توان به سه گروه از نظر دوره طبقه بندی نمود. (A) آرکئن تا پالئوپروتروزوئیک: ذخیره Boquira، در ایالت Bahia، متشکل از سولفیدهای گسترده و منتشر شده توسط توالی های چینه سان توسط توالی های پارامتافورمیک از گرانریت-کامینگتونیت + مگنتیت می شوند که نشان دهنده رخساره های سیلیکات سازند Boquira (BF) می باشد. داده های ایزوتوپ سرب از نمونه های گالن نشاندهنده یک گستره زمانی بین 2.7 و 2.5 Ga برای تشکیل سنگ معدن، در توافق با موقعیت چینه شناسی BF می باشد. ترکیبات ایزوتوپ گوگرد نسبتاً سنگین برای سولفیدهای منتشر شده و چینه سان (12.8-8.3٪ O CDT) یک منبع رسوبی برای گوگرد را نشان می دهد. (b) پالئو تا مزوپروتروزوئیک: سولفیدهای چینه سان و محدود شده-لایه ای در ارتباط با گسل های رشد در معدن Canoas (Ribeira، در ایالت پارانا) و در کانی Caboclo (ایالت Bahia) موجود هستند. آنها توسط کالسیلیکات ها و آمفیبولیت ها در ذخیره Canoas میزبانی می شوند، در حالی که در منطقه Caboclo، کانی با دلارنیت های هیدروترمال تغییریافته در پایه سازند Caboclo Ga 1.2 مرتبط است. تفسیر دوره سرب-سرب در کانی Canoas همسن با 1.7 Ga سنگ های میزبان است. داده های ایزوتوپیک گوگرد برای سولفیدهای Canoas (16-1.2٪ O CDT) نشاندهنده یک منبع آب دریا برای گوگرد است. محدوده بین 8.8 -21.1٪ O CDT برای سولفید Caboclo می تواند عمل کاهش باکتریایی سولفات آب دریا را نشان دهد، اما این تفسیر قطعی نیست. (c) نئوپروتروزوییک: کانسارهای چینه سان و سولفید محدود شده-لایه ای تشکیل شده در طول تاریخ دیاژنتیکی پیچیده ای از سنگ های کربناته میزبان tlieMorro Agudo (گروه Bambui)، IRED و RedenClo Nova

sina-pub.ir

(گروه UNA)، مقادیر ایزوتوپ گوگرد سنگین (18.9-39.4‰ O CDT) را ارائه می دهند. ترکیب ایزوتوپ سنگین از باریت های این ذخیره ها (25.1-40.9 درصد) منعکس کننده منشاء آنها از سولفات های نئوپروتروزوییک آب دریا می باشد. آخرین و مهم ترین طبقه، غلظت های فلزی, نشان دهنده گوگرد پاک شده از سولفیدهای از پیش موجود و یا از احیای مستقیم مواد معدنی سولفات تبخیری است. داده های ایزوتوپی سرب از گروه Bambui, تنوع منابع رسوب پروتروزوییک را نشان می دهد که احتمالا مسئول حمل و نقل فلز به محل رسوب سولفید بوده است. (d) پروتروزوئیک پسین تا اوایل پالئوزوئیک: سولفیدهای سرب و روی (+ پیریت و کالکوپیریت) ذخیره Santa Maria، در Rio Grande Do Sul، ماتریس ماسه سنگ های آرکوسیک و کنگلومرا را تشکیل می دهد و از نزدیک با گسل های منطقه ای تشکیل دهنده ساختارهای گرابن در ارتباط است. سنگ های آتشفشانی میانی با اعضای آواری جای گرفته اند. دوره ایزوتوپی سرب کانی (Ga 0.59) همسن با سنگ های میزبان است. مقادیر ایزوتوپی گوگرد بین 3.6- و 4.1 و سازگار با منبع عمیق برای گوگرد هستند.

داده های زمین شناسی، پتروگرافی و ایزوتوپی ذخیره مورد مطالعه نشان می دهد که آنها در طول دوره تکتونیک کششی تشکیل شده اند. گسل های رشد و یا ساختارهای زیرزمین فعال شده دوباره، احتمالاً مسئول گردش موضعی مایعات حامل فلز در توالی های رسوبی بوده است. در بسیاری از موارد سولفیدها با کاهش سولفات رسوبی تشکیل می شوند. ساختارهای خطی، کنترل های مهم برای غلظت سولفید در این حوضه پروتروزوییک هستند.

واژه های کلیدی: ذخایر Pb-Zn(Ag) با میزبانی رسوب، پروتروزوییک، برزیل، ایزوتوپ، فلززایی.

مقدمه

Proterozoic Eon، تقریبا بر روی هر قاره، توسط فراوانی نسبتا بالاتر کانسارهای سولفید فلز پایه شناخته شده است. ذخایر مس و / یا سرب و روی موجود در سطح جهانی در حوضه های رسوبی پروتروزوییک بسیاری از مناطق قاره ای موجود هستند، از جمله مناطق Broken Hill, McArthur و Mount Isa-Century در استرالیا؛ Sullivan ، در کانادا؛ کمربند مس Gamsberg و Zambia-Congo ، در قاره آفریقا. این رسوبات حاوی ذخایر عظیم، با محتوای فلز مجموع بیش از 250 میلیون تن هستند. در مقابل، چنین ذخایری در قاره آمریکای

sina-pub.ir

جنوبی تا به حال کشف شده اند. در برزیل، به نمایندگی از تقریبا نیمی از کل منطقه قاره ای کشف نشده ، هیچ کانسارهای سولفید فلزات پایه بزرگ با وجود وقوع گسترده حوضه های رسوبی پروتروزوییک پوشش دهنده بیش از 500000 کیلومتر مربع از قلمروی آن وجود دارد. به جز برای معادن Morro Agudo Vazante ، در ایالت Minas Gerais (2 تا 3 میلیون تن فلز روی + سرب)، تنها ذخیره های کوچک و ظهورهای توزیع شده در این حوضه های پروتروزوییک وجود دارد.

سوال اصلی در این نقطه اینست: چرا هیچ کانسارهای سولفید پروتروزوییک میزبانی رسوب در سطح جهانی به در حال حاضر در قاره آمریکای جنوبی وجود ندارد؟ پاسخ به این سوال می تواند سرمایه گذاری ناکافی در اکتشاف مواد معدنی توسط شرکت های معدن و / یا فقدان مدل فلززایی رضایت بخش باشد که می تواند برای برنامه ریزی اکتشاف شود. در هر صورت، یک اتفاق نظر در میان زمین شناسان موسسات دانشگاهی و شرکت های استخراج معدن در مورد عدم وجود اطلاعات کافی وجود دارد که می تواند برای ساخت مدل های فلززایی سازگار استفاده شود.

در این مقاله, نتایج اولیه بررسی مداوم خود از هفت کانسار سولفید روی-سرب-نقره میزبانی رسوب در برزیل را مورد بحث قرار می دهیم که یک گستره زمانی حدود GA 2.5 تا Ga 0.57 را پوشش می دهد. این ذخایر عبارتند از: Boquira، Caboclo، Irece و Nova Redensgo ، در ایالت Bahia. Morro Agudo، در حالت میناس Minas Gerais. Canoas در Paranh و Santa Maria، در ایالت Rio Grande Do Sul (شکل 1). در این کانسارها, داده های زمین شناسی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی، همراه با نشانه های ایزوتوپ پرتوزاد و پایدار و مطالعات شاره، برای تفسیر تنظیم زمین ساختی-جغرافیایی آنها و ردیابی تکامل فلززایی به کار گرفته می شوند. این اعتقاد راسخ ماست که یک تفسیر یکپارچه و کافی از این داده ها قطعاً باید دیدگاه های جدیدی را برای اکتشاف فلزات پایه در حوضه های رسوبی پروتروزوییک از برزیل باز نماید.

sina-pub.ir

شکل. 1. محل کانسارهای سولفید روی-سرب-نقره پروتروزوییک با میزبانی رسوب در برزیل که مورد مطالعه قرار گرفته است.

تمام رسوبات مطالعه شده قبلاً توسط نویسندگان و / یا توسط دیگران شرح داده شده و نقشه برداری شده اند. رسوبات Boquira, Caboclo, Ire&, Nova Redensgo و Morro Agudo از سال 1987 در " مدلسازی ذخایر معدنی فلزایی " ، توسط گروه پژوهش، از CNPq (شورای تحقیقات ملی برزیل) و دانشگاه Bahia، برزیل، در همکاری با دیگر مراکز تحقیقاتی ملی و بین المللی مورد مطالعه قرار گرفته اند. همچنین آنها به ترتیب توسط Filho and Silva11984), Monteiro et al. (1987), Moraes Fleischer (1976), ConceiqBo Filho و Leal (1990) and Dardenne نقشه برداری شده اند. هر چند رسوبات Canoas و Santa Maria مورد بازدید قرار گرفته اند و توسط دو تن از نویسندگان نمونه برداری شده اند، کار تحقیقاتی اصلی به ترتیب، در Universities of SBo Paulo and Estadual Paulista در Rio Claro (Tassinari et al., 1990;

sina-pub.ir

the University of Rio Grande do Sul (Badi, 1983; Remus et al., در و Daitx, 1996) 1997 در حال انجام است. بسیاری از اطلاعات در مورد این دو ذخایر از آثار ذکر شده در بالا گرفته شده اند. بسیاری از شرکت ها و موسسات استخراج معدن برزیل، مانند Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Companhia Brasileira do Cobre (CBC), Plumbum Mineira de Metais (CMM), Companhia Metalurgia and Departamento Nacional da ProduqBo Minerasso e Mineral (DNPM) نیز به خصوصیات زمین شناسی از ذخیره مورد مطالعه کمک کرده است.

روش های نمونه برداری و روش های تحلیلی

سنگ های میزبان، سولفیدها و مواد معدنی باطله، به ویژه سولفات ها، برای تغییرات متعدد خود از رخساره ها و مورفولوژی نمونه برداری شده اند. نمونه های سنگ از نظر سیستماتیک برای مطالعات پتروگرافی و شاره انتخاب شدند. سنگ معدن و مواد معدنی باطله برای تعیین ژئوشیمیایی و ایزوتوپی در آزمایشگاه زیر میکروسکوپ دو چشمی و روش های جداسازی مایع سنگین از هم جدا شدند.

بیشتر تحلیل های ایزوتوپ پایدار در یک آزمایشگاه ایزوتوپ پایدار از دانشگاه Calgary پس از روش های شرح داده شده توسط Iyer et al. (1992) انجام شدند. برای تجزیه و تحلیل ایزوتوپ گوگرد، از یک ترکیب نمونه SiO_2-V_2O_5، در سیستم استخراج خلاء آنلاین همراه با طیف سنج جرمی ساخته شده با استفاده قطعات Micromass 602 آزاد شد. دقت تجزیه و تحلیل $\pm 0.2‰$ بود. تحلیل از سولفیدها و سولفات های Irece تا حدی در آزمایشگاه WCShanks 111، در ایالات متحده آمریکا و سازمان زمین شناسی در Reston، ویرجینیا، با دقت و صحت در $\pm 0.2‰$ و تا حدی در یک مرکز تجاری ایزوتوپ انجام شد که داده های دقیق در محدوده $0.5‰$ را گزارش می دهد. ایزوتوپ های پایدار از ذخیره Caboclo (از جمله C و O از سنگ های میزبان کربناتی) در دانشگاه اتاوا، با استفاده از یک طیف سنج جرمی VG ISOGAS SIRA 12 تحلیل شدند. دقت تجزیه و

sina-pub.ir

تحلیل $\pm 0.1‰$ بود. مقادیر $\delta^{34}S$ نسبت به CDT Canon Diablo Troilite) (CDT) و نتایج $\delta^{13}C$ و $\delta^{18}O$ برای استاندارد Pee Dee Belemnite گزارش شده اند.

تجزیه و تحلیل های ایزوتوپی سرب در مرکز تحقیقات باستان شناسی دانشگاه SBO پائولو، برزیل انجام شد. مصالح کریستالی Galena در آب مقطر شسته شدند تا هر گونه ناخالصی ریز چسبیده به سطح و سپس پودر و محلول در N10 مقطر HCL حذف شود. تجزیه و تحلیل های ایزوتوپی سرب با استفاده از روش ژل سیلیکا تک رشته در یک طیف سنج جرمی Micromass VG 354 انجام شد. دقت و صحت (با استفاده از NBS سرب 981 و 982 تایید شده است) در مرتبه $\pm 0.1\%$ بود. سنین مدل سرب از طریق تکامل ایزوتوپ سرب با یک مدل دو مرحله ای (Stacey و Kramers, ، 1975) محاسبه شده است.

مطالعات شاره در دانشگاه Bahia و دانشگاه برازیلیا، با استفاده از یک مرحله حرارت-انجماد Chaixmecca تثبیت شده به میکروسکوپ نیکون مجهز به یک هدف X100 انجام شد. کالیبراسیون دستگاه با استفاده از شاره مصنوعی از دقت شرکت Fluid دقیق با تعیین درجه سانتیگراد در محدوده دمای تغییر فاز مشاهده شد. دقت برآورد شده بین $-56.6°C$ و $0°C$، $\pm 0.2°C$ و بالاتر از $+100°C$، حدود $1.0 - 1.5°C$. سانتی گراد بود.

ویژگی های کلی ذخایر

جدول 1 ویژگی های اصلی زمین شناسی ذخیره مورد مطالعه را نشان می دهد. همه دارای چینه سان عظیم و / یا پخش شده + محدود شده-لایه ای و رگه نوع کانی هستند و کنترل چینه شناسی قابل توجهی را نشان می دهند. اسفالریت، گالن و پیریت، همراه با باریت، کلسیت و کوارتز در مقادیر مختلف وجود دارند، به جز در Boquira (-2.5 GA) و در Caboclo، که در آن باریت پیدا نشده است. محتوای نقره به طور کلی در تمام رسوبات مورد مطالعه زیاد است. کانی سازی سولفیدی به وضوح با گسل ها در Canoas, Caboclo, Morro Agudo, Nova RedenqBo و Santa Maria در ارتباط است. در ذخایر دیگر، این ارتباط آشکار نیست.

sina-pub.ir

ذخایر و رده های فلز در جدول 2. نشان داده شده اند. داده های ایزوتوپ سرب در جدول 3 داده شده اند. از ذخایر ذکر شده، Morro Agudo تنها معدن عملی در حال حاضر، با تولید 500000 تن / سال (راه اندازی معدن) است. برای سالهای متمادی, Boquira مهم ترین معدن سرب برزیل، تا سال 1991 بود، زمانی که عملیات استخراج معادن به علت عدم ذخایر اثبات شده متوقف شد. این معدن در حدود شش میلیون تن سنگ (9٪ سرب و روی 2٪) در حدود 40 سال تولید نمود.

NAME	MORPH	ORE MINER.	GANGUE	HOST ROCKS	STRUCT. ASSOC.	AGE OF HOST(Ga)	AGE OF MIN.(Ga)
STA. MARIA (RS)	Dissem. Amas Stratab. Veins	pyr, sph, gal, (Ag)	qz, microcl, albite, moscov, apatite, biotite, tourmal.	Arkosic sandst., siltstones and conglom.	Faults NE-SW	0.57	0.57
IRECÊ (BA)	Dissem. Amas Stratab. Veins	sph+Ag, pyr, gal, jordanite	calcite, dolomite, quartz, chert, barite, gypsum, barr.dol.	Dolaren. (silicified)	?	0.60-0.65	0.60-0.65 (?)
NOVA REDEN-ÇÃO (BA)	Amas Veins Stratab.	gal, sph, pyr, (Ag)	qz, chert, calcite, dolomite, barite	Silicified dolaren.	Faults NW-SE	0.60-0.65	0.60-0.65 (?)
MORRO AGUDO (MG)	Stratifor. Veins	gal, sph, pyr, (Ag)	calcite, dolomite	Dolaren. Dolosilt.	Faults N-S	0.60-0.65	0.65
CABO-CLO (BA)	Stratab. Veins	gal, (Ag), pyr	calcite, dolomite, barr.dol., qz., microcl., albite, moscovit e tourmal.	Dolaren.	Growth Faults N-S	1.2	1.2 (?)
CANOAS (SP)	Stratifor. Veins	gal., sph. pyr, pyrr. (Ag)	barite, qz., chert, amphib.	Amphibo-lite, Calc-silicate	Growth Faults NE-SW	1.5 - 1.7	1.5 - 1.7
BOQUIRA (BA)	Stratifor. Dissem. Veins	gal, sph, pyr, pyrr, (Ag)	amphib., magnet., qz,	Amphibo-lite, Car-bonate	?	2.7	2.5 - 2.7

جدول 1. ویژگی های کلی کانسارهای سولفید با میزبانی رسوب مورد مطالعه در برزیل.

ذخایر مورد مطالعه بر اساس دوره خود به چهار گروه طبقه بندی شدند:

Archerun تا پالئوپروتروزوئیک

Boqllirg

sina-pub.ir

ذخیره سرب و روی Boquira قبلا توسط Fleischer (1976), Espourteille and Fleischer (1988), Carvalho (1982, 1985), Carvalho et al. (1982), and Rocha (1990) مورد مطالعه قرار گرفته اند. به تازگی، مشاهدات زمین شناسی و پتروگرافی همراه با تحقیقات سرب و ایزوتوپ گوگرد، به رهبری Misi et al. (1996) and Carvalho et al. (1997) برای پیشنهاد یک مدل رسوبی غلظت فلز انجام شد.

Deposit	Tot. Reserves (t)	Metal Grades		
		Pb (%)	Zn (%)	Ag (g/t)
S. Maria	46.000.000	1.3	0.9	12
M. Agudo	11.700.000	2.2	6.4	
Vazante	8.125.000	-	23	
Irecê	1.500.000	-	7.9	120
N. Redenção	2.500.000	6.3	0.5	33
Canoas	1.500.000	3.5	3.5	60
Boquira	7.000.000	4.7	0.6	30

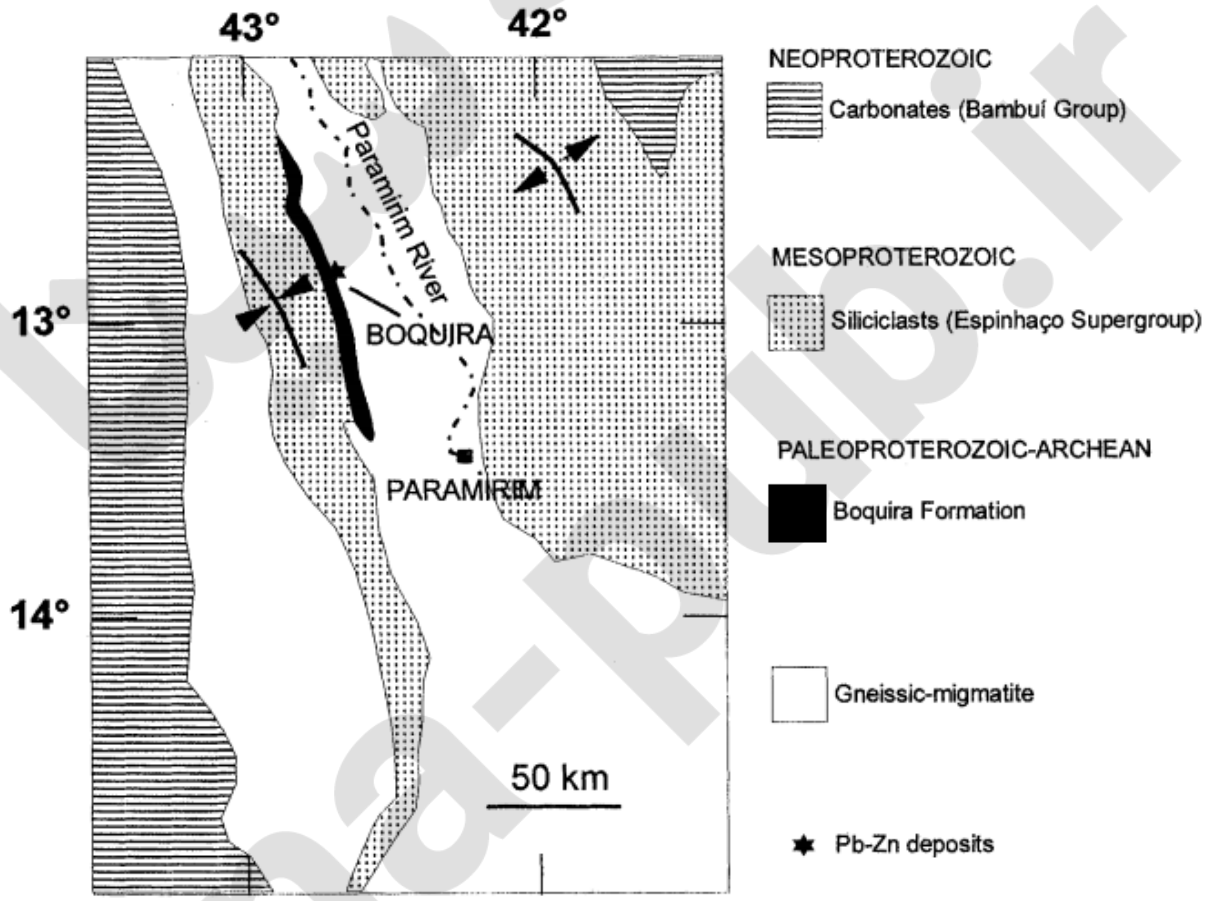
جدول 2. ذخایر و رده های فلز ذخیره.

		$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	
Santa Maria, R.G. do sul					
1	Galena	16,927	15,488		Remus et al., 1997
2	Galena	19,699	15,715		Remus et al., 1997
N. Redencao, Bahia					
NR AM 1	Galena	19,304	16,077	39,497	Gomes, 1998
NR AM 8	Galena	18,585	15,894	37,966	Gomes, 1998
NR 14-25.45	Galena	19,300	16,064	39,437	Gomes, 1998
NR 12-25.5	Galena	19,340	16,078	39,550	Gomes, 1998
NR 12-32.5	Galena	19,466	16,203	39,920	Gomes, 1998
NR 12-25.45b	Galena	19,667	16,259	40,105	Gomes, 1998
NR 12-28.6a	Galena	19,499	16,259	40,105	Gomes, 1998
NR 25-0.6	Galena	19,244	16,016	39,280	Gomes, 1998
Morro Agudo, Minas Gerais					
MM 13	Galena	17,692	15,569	36,890	Iyer et al., 1992
MM 14	Galena	17,791	15,602	36,980	Iyer et al., 1992
MM 15	Galena	17,911	15,812	37,670	Iyer et al., 1992
MM 20	Galena	17,715	15,692	37,150	Iyer et al., 1992
MM 21	Galena	17,794	15,710	37,250	Iyer et al., 1992
Canoas-Perau, S P (Vale do Ribeira area)					
CA-1	Galena	16,356	15,727	37,193	Tassinari et al., 1990
A-571	Galena	16,273	15,512	36,597	Tassinari et al., 1990
PE-6	Galena	16,505	15,549	36,676	Tassinari et al., 1990
A-574	Galena	16,200	15,490	36,471	MMAJ-JICA, 1983
P-1	Galena	16,240	15,510	36,589	MMAJ-JICA, 1983
P-2	Galena	16,310	15,560	36,719	MMAJ-JICA, 1983
PE1	Galena	16,189	15,508	36,584	Tassinari et al., 1990
PE-2	Galena	16,368	15,570	36,763	Tassinari et al., 1990
PE-3	Galena	16,270	15,630	36,370	Tassinari et al., 1990
PE-4	Galena	16,157	15,466	36,436	Tassinari et al., 1990
PE-5	Galena	16,238	15,527	36,619	Tassinari et al., 1990
Boquira, BA					
BQ 1a	Galena	14,754	15,384	34,696	Carvalho et al., 1997
BQ 2	Galena	14,742	15,602	35,364	Carvalho et al., 1997
BQ 3a	Galena	14,889	15,576	35,318	Carvalho et al., 1997
BQ 5	Galena	14,680	15,289	34,440	Carvalho et al., 1997
BQ R1 10a	Pyrite	16,193	15,624	36,850	Carvalho et al., 1997
BQ R1 Ch 13a 23a	Galena	14,842	15,539	35,188	Carvalho et al., 1997

جدول 3. داده های ایزوتوپ سرب برای ذخیره مورد مطالعه.

sina-pub.ir

کانی سازی سولفید سرب و روی Boquira, توسط دنباله های پارامتافورمیک قرار گرفته در امتداد یک منطقه خطی NS در بخش مرکزی کراتون *SBo* Francisco میزبانی می شود. سولفید های گسترده چینه، متشکل از گالن، اسفالریت، مگنتیت، ماگمیت، آمفیبول، پیروتیت، پیریت، کوارتز و کالکوپیریت جزئی، توسط رخساره های متحد گرانریت- -کامینگوتونیت + مگنتیت متحد، رخساره های سیلیکات سازند Boquira (BF) میزبانی می شوند. توالی های رسوبی آواری مزوپروتروزوئیک، با سنگ های اسیدی تا آتشفشانی متوسط (GA 1.7)، روی BF جای گرفته اند. سازند Boquira با شیب یکسان در چین داخلی سنگ های زیرزمین آرکئن Ga 2.8 چین خورده است (شکل 2 و 3).



شکل. 2. نقشه ساده زمین شناسی منطقه Boquira، در ایالت Bahia. از طرف Baliia state. From Carvalho et al. اصلاح شده است.

sina-pub.ir

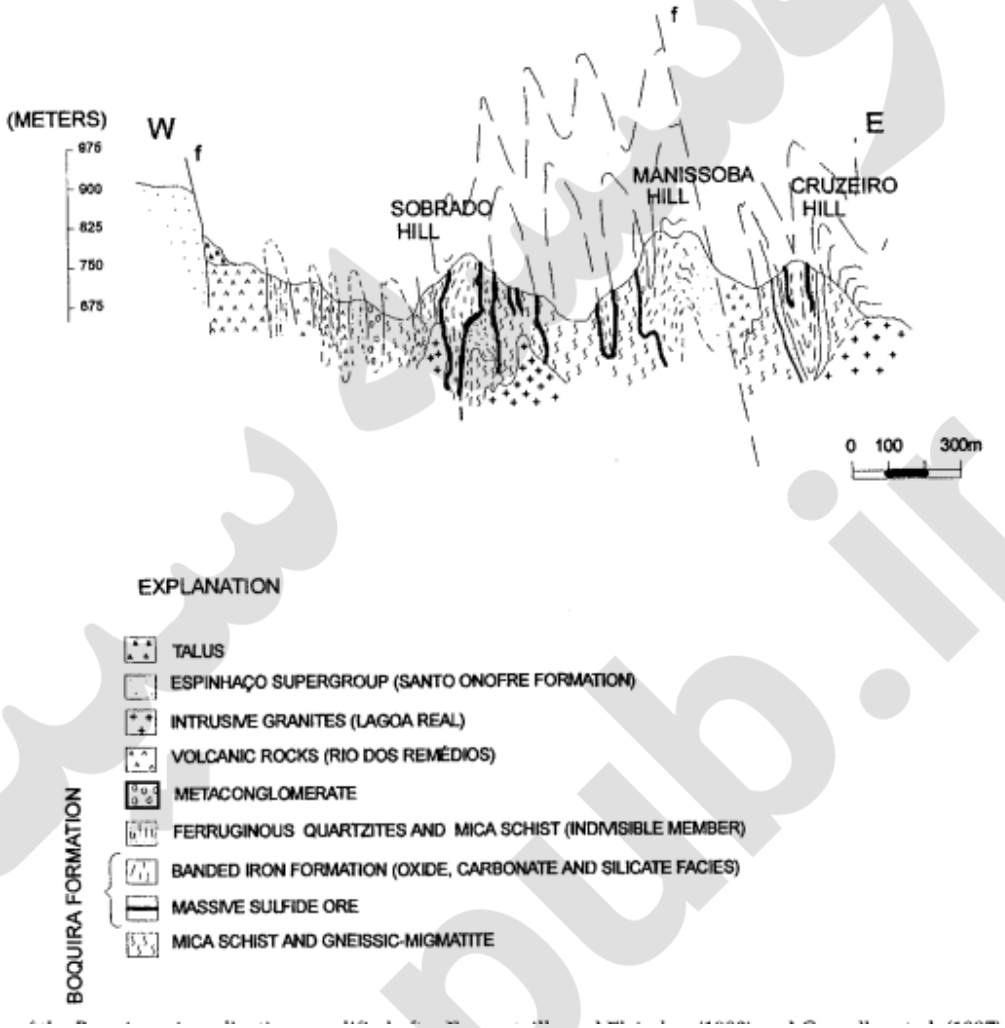
داده های ایزوتوپی سرب از شش نمونه گالن از کانی سازی چینه سان در منحنی های $^{206}Pb/^{204}Pb$ به ازای $^{207}Pb/^{204}Pb$ و داده ها با توجه به مدل دو مرحله کلاسیک پلامبوتوتونیک Zartman و Doe (1981) تفسیر شدند. مقادیر دوره مدل محاسبه شده نشاندهنده گستره زمانی بین Ga 2.7 و Ga 2.5 برای تشکیل سولفیدهای چینه سان هستند. داده های قبلی سرب-ایزوتوپ برای سه نمونه گالن از Boquira توسط Cassedanne (1966)، یک دوره مدل سرب-سرب Ga 2.5 را به همراه داشت. ترکیب ایزوتوپ پرتوزاد و تنوع زیادی در داده های $^{207}Pb/^{204}Pb$ (15.28-15.53)، یک پدیده است که در گالن ها از دوره آرکئن انتظار می رود و با توجه به تجمع مقادیر بزرگتر ^{207}Pb در مقایسه با ^{206}Pb ناشی از محتویات فروپاشی ثابت ^{235}U و ^{238}U. است.

در منحنی های مدل پلامبوتوتونیک Doe (1981) ، نقاط داده ها بالاتر از منحنی تکامل برای پوسته بالایی قرار می گیرند، که یک منبع پوسته بالایی برای سرب را نشان می دهد. با توجه به Iyer و همکاران (1992)، کاراکتر غیرپرتوزاد سرب, یک نشانه از اینست که بخش عمده ای از آن می تواند از فلدسپار، احتمالاً از سنگهای زیرزمین آمده باشد. امکان منابع متعدد با مقادیر مختلف U/Pb و Th/Pb نباید نادیده گرفته شود، با توجه به اینکه توزیع مورب برای نقاط داده های تحلیلی وجود دارد. سولفیدهای حمل شده در فازهای حامل-U در ارتباط نزدیک و یا به عنوان اجزاء را می توان از مقادیر u1 بالا دید (12.22-14.91).

مقادیر $\delta^{34}S$ برای سولفیدهای اولیه در طیف وسیعی از +8.3 تا +12.8 ‰ هستند. پیریت و پیروتیت از رگه ها (دوباره تحریک شده) مقادیر 3.7 و + 10.4٪ را نشان داد. این مقادیر $\delta^{34}S$ مثبت بالا، امکان یک منبع گوشته عمیق را برای گوگرد ممنوع ساخت. از سوی دیگر، مقادیر $\delta^{34}S$ برای سولفیدهای Boquira در همان محدوده مقادیر آب دریای پالئوپروتروزوئیک (Strauss، 1993) هستند. به این ترتیب، داده های ایزوتوپی گوگرد, منبع دریایی برای گوگرد را نشان می دهد. با استفاده از معادله Ohmoto و Rye (1979) برای ژئوترمومتر سولفید-ایزوتوپ تا یک جفت کوژنتیک گالن-اسفالریت (Ssph = + "8 و 0٪F "Sga1 = + 10.7 12.6X0)، درجه حرارت C" 20 4 350 به دست آمده است. با استفاده از معادله ژئوترمومتریک از Bortnikov و همکاران (1995) برای محتوای سی دی برای گالن (سی دی ppm140) و اسفالریت (1٪ سی دی) جفت

sina-pub.ir

(Espourteille و Fleischer ، 1988)، درجه حرارت 370 "C 20 K نیز به دست آمد که این حاکی از احتمال کاهش حرارتی سولفات به شکل سولفید می باشد.



شکل 3. مقطع کانی Boquira، اصلاح شده پس از Espourteille و Fleischer (1988) و Carvalho و همکاران A1 (1997)

اگر چه کارهای زیادی باید در ذخیره Boquira، از جمله دماسنج مایع و ترکیب اجزاء انجام شود، داده های موجود سازگار با مدل سولفید توده میزبانی رسوب (بزرگ، 1983) می باشد.

Cnnoas پلئوپروتروزوئیک تا مزوپروتروزوئیک

sina-pub.ir

مطالعات عمده با ذخایر Canoas, مطالعات توسط Fleischer (1976), Tassinari et al. (1990) and Daitx (1996) می باشند. Daitx (1996) یک مطالعه دقیق از ذخایر منطقه Vale do Ribeira را انجام دادند که شامل تعیین ایزوتوپ پایدار و پرتوزاد سنگ های میزبان و مواد سنگ معدنی می شوند.

سنگ های میزبان در ذخیره Canoas, سنگ های آهک و دولومیت ها، حاوی فلوگوپیت، ترمولیت و دیوپسید، از مجتمع مزوپروتروزوئیک Perau (Ga 1.7-1.5) می باشند. کانی محدود شده-لایه ای سرب و روی در حال حاضر در یک تخت با ضخامت 7 متر، با گسلش در دو مکان مختلف به شکل ذخیره 1، 2 و 3 وجود دارد. این ذخایر به صورت N50E جهت گیری نموده اند و شیب آن 6 به 9 "شمال غربی است. این کانی عمدتاً توسط گالن توده ای یا منتشر شده، اسفالریت، پیریت، پیروتیت و کالکوپیریت و تتراهدریت تابع، فرگبریت، pyrargirite، پلی باسیت، استفانی، آرجنیت، مدارهایی، مرکزیت مارکاسیت، اینیلریت و ولاریت تشکیل شده است. باریت و کوارتز هم دارای مقادیر متغیر هستند. ساختار مواد معدنی نوع برشی نیز در ذخیره Canoas پیدا شده است. آنها با Daitx (1996) به عنوان سنگ های میزبان متحد تکه تکه و یا تغییر شکل یافته، محکم شده با کانی سولفید تفسیر تفسیر شده اند.

دوره مدل سرب-سرب تفسیر شده این کانی، همسن با سنگ های میزبان Ga 1.7 (Tassinari و همکاران، 1990، Daitx، 1996) است. نمودار داده های ایزوتوپی سرب بالاتر از منحنی پوسته بالایی از مدل پلامبوتوتونیک از Zartman و Coe (1981) اشتقاق احتمالی فلزات سنگ زیرزمین حوضه Perau را نشان می دهد.

مقادیر $\delta^{34}S$ برای 9 نمونه سولفید (پیریت، گالن و اسفالریت) از کانی محدود شده-لایه ای، (5 نمونه از Daitx، 1996)، مقادیر مثبت، بین 1.2 و 16٪ O CDT (میانگین 5.3، N = 9). سه نمونه باریت تحلیل شده توسط Daitx (1996), مقادیر مثبت بالای 20.6، 21.5 + و + 22.2٪ را نشان می دهد. اطلاعات ایزوتوپی گوگرد سولفور و سولفات ها, سازگار با یک منبع آب دریا برای گوگرد هستند.

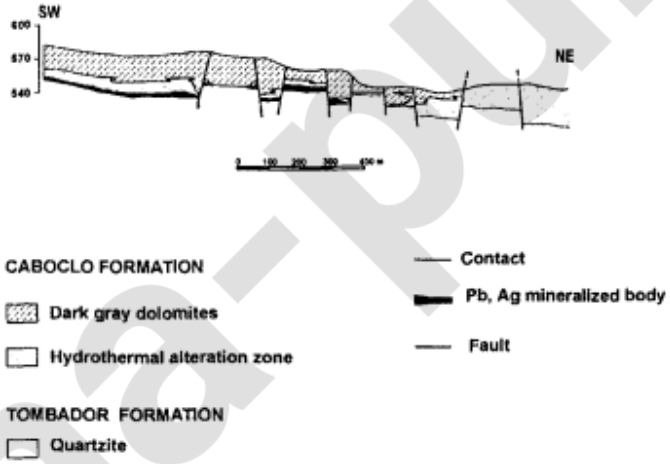
Cabolco

ذخیره Caboclo توسط de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM (Neves et al., 1980) and Companhia Baiana de I'esquisa Mineral (CBPM) (ConceiqBo Filho and Silva, 1984; Conceiqiio Filho et al., 1986 مورد مطالعه قرار گرفته است. اخیراً, Franca Rocha (1995) and

sina-pub.ir

Franca Rocha and Misi (1992,a, b, 1993 نتایج حاصل از مطالعات دقیق زمین شناسی و ژئوشیمیایی این ذخیره، از جمله تعیین ایزوتوپ پایدار سولفیدها و سنگ میزبان را ارائه دادند.

ذخیره سرب غنی از نقره Caboclo، توسط لنزهای دولومیت در بخش پایه توالی های دریایی آواری (عمدتا پلیتیک) سازند Caboclo میزبانی می شود. کانی سازی با گسل های کششی همتراز NNE-SSW (شکل 4) همراه است. این سازند متعلق به گروه Cliapada Diamantina، یک ستون رسوبی 2000 متر مزوپروتروزوئیک می متشکل از سه واحد است: سازند Tombador، تشکیل مجتمع رودخانه و eolic و کوارتز، سازند Caboclo، به طور عمده پلیت ها با لنزهای کربنات ، و سازند Chapeu Maro، متشکل از رخساره های غالب قاره (رودخانه و ائولیک)، با تهاجمات دریایی در بخش فوقانی. دوره های سرب و سرب ایزوکرونیک برای پلیت های سازند Caboclo (Babinski و همکاران، 1993)، K 0.14 GA 1.14 است. منشاء حوضه شکاف دهنده داخل کراتونیک Diamantina در گروه Cliapada احتمالا به یک فرونشست حرارتی خمشی مربوط (کیانگ و همکاران، 1988) است، زیرا یک دایک عمومی با روند NW برای سازند Tombador و بخش بازال سازند Caboclo (Corr6a Gomes و همکاران، 1996) وجود دارد.



شکل. 4. مقطع منطقه معدنی Caboclo، تغییر یافته پس از Coiiceiqlo فیلو و همکاران. (1993).

کانی سازی سولفیدی در منطقه Caboclo عمدتا از لایه محدود شده،گالن های دانه ای متوسط تا ریز، با کالکوپیریت جزئی، درون دلارنیت ها و / یا دولولولیت ها تشکیل شده است. رگه های کوارتز با گالن دانه درشت هم

sina-pub.ir

وجود دارند، که طبقات گرد هم آمده از کانی را نشان می دهد. کانی محدود شده-لایه ای به شکل یک ساختار " از نوع گورخر " است که در آن گروههای روشن، متشکل از کوارتز و فلدسپات، با نوارهای تیره حاوی مسکویت، بیوتیت، K-فلدسپار، پلاژیوکلاز، کوارتز، تورمالین و دولومیت باروک همراه هستند. گالن با نوارهای تیره همراه است و لنزها و یا رگچه های کوچک را تشکیل می دهد.

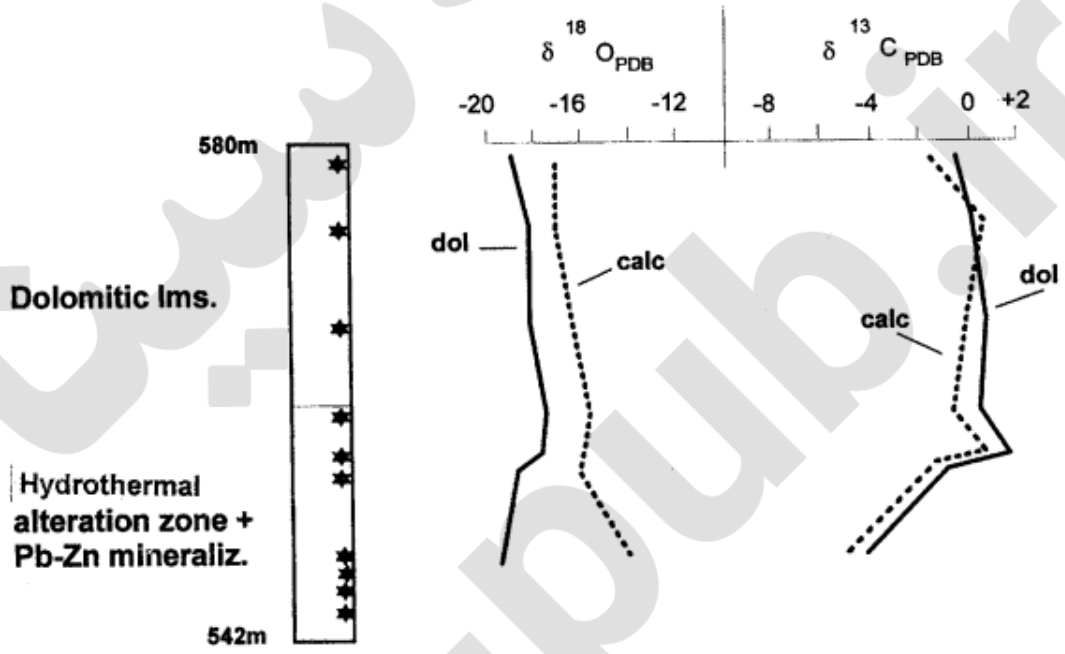
ConceiqiTo Filho et al. (1986), Davidson (1985), Franca Rocha and Misi (1993) and Franca-Rocha (1995) کنترل ساختاری کانی سازی مرتبط با گسل های همتراز NE-SW را نشان دادند. این گسل ها دارای منشا تکتونیکی کششی مشخص هستند و با استفاده از مشاهدات سیستماتیک سازه های در حال افتادن مصنوعی-رسوبی در کربناتها به گسل های رشد پیشنهادی نسبت داده می شوند.

سنگ های میزبان بلافاصله در تماس با کانی سولفید محدود شده-لایه ای, از دلارنیت ها و دولولولیت های هیدروترمال، با سنگدانه های کریستال نامنظم و رگچه های کوارتز، میکروکلین، پلاژیوکلاز، مسکویت، بیوتیت، تورمالین و دولومیت باروک تشکیل شده اند. این پاراژنز غیر عادی در سازند Caboclo به شکل یک منطقه با عرض 10 متر در اطراف کانی سولفید محدود شده-لایه ای است.

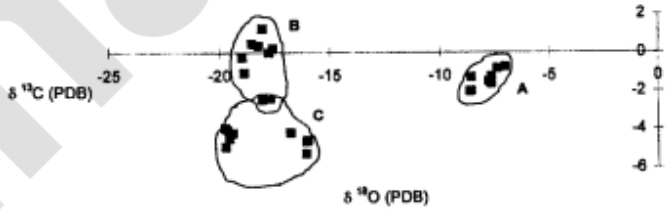
تنوع ایزوتوپی کربن از یک بخش معدنی از دلارنیت/دولولولیت Caboclo, نشان دهنده کاهش تدریجی در مقادیر $\delta^{13}C$ به سمت منطقه معدنی شده می باشد : از 1.4 + تا PDB ‰ 5.3 - . تغییر ایزوتوپی اکسیژن همان نمونه ها نشاندهنده محدوده بسیار باریک از مقدار $\delta^{18}O$ پایین، بین 16.0 - و 19.7 - PDB (شکل 5). در مقایسه با کربناتهای "عادی" و یا بدون تغییر از سازند Caboclo، دور از منطقه معدنی در مقایسه، تغییرات ایزوتوپ کربن و اکسیژن, یک الگوی بسیار متمایز بین دو منطقه را نشان می دهد. همانطور که در شکل 6 نشان داده شده است، رخساره های کربناته منطقه معدنی, $\delta^{13}C$ و $\delta^{18}O$ بسیار کم را نشان می دهد در حالی که دلارنیت های بی ثمر از همان واحد, یک محدوده باریک از مقادیر بسیار سنگین تر، سازگار با مقادیر مورد انتظار برای کربناتهای دریایی پلت فرم پروتروزوییک (Veizer و Hoefs، 1976؛ Veizer و همکاران ،. 1990) را نشان می دهد.

sina-pub.ir

هشت نمونه گالن از کانی Caboclo برای ترکیبات $\delta^{34}S$ تحلیل شده است. شش نمونه از گالن محدود شده-لایه ای, طیف گسترده ای، بین 21.1 - و 8.8٪ + O CDT را نشان می دهد و دو نمونه از گالن مگاکریستالی در رگه های کوارتز، 5.3٪ + را برای هر دو نمونه نشان می دهد. این تنوع زیاد برای گالن های محدود شده-لایه ای، با مقادیر منفی بالا، می تواند نشاندهنده کاهش باکتریایی سولفات آب دریا باشد. با این حال، این تفسیر قطعی نیست و با توجه به عدم شواهد دیگر، مانند داده های $\delta^{34}S$ از باریت یا دیگر سولفات ها (در منطقه Caboclo یافت نشده است) باید با احتیاط با آن برخورد شود. امکان مخلوط کردن یک منبع برای گوگرد، با یک منبع ماگمایی به عنوان یکی از اعضای پایانی، با توجه به محیط مساعد تکتونیکی نمی تواند نادیده گرفته شود.

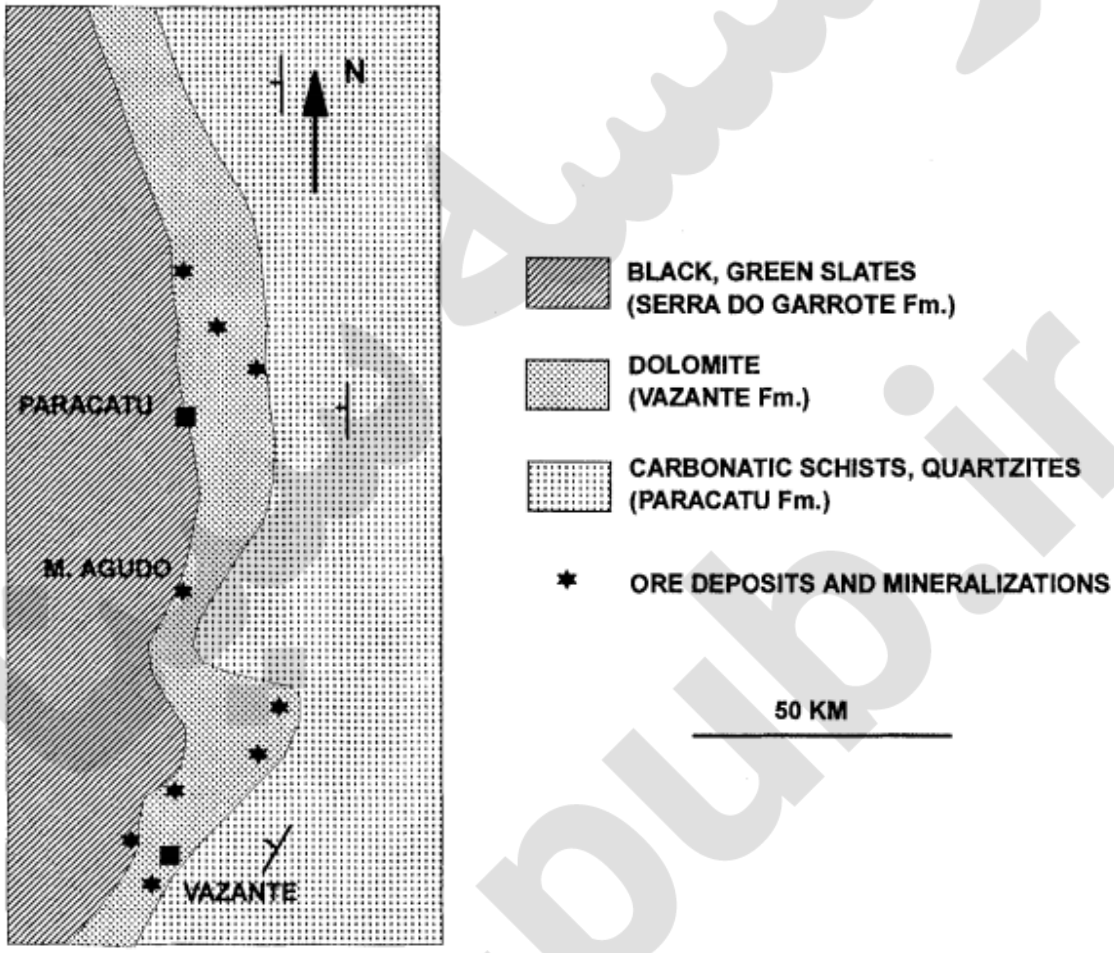


شکل. 5. تنوع ایزوتوپ کربن و اکسیژن در امتداد بخش معدنی شده، در ذخیره Caboclo. تنوع برای فازهای کلسیت (کالک) و دولومیت (DOL) نشان داده شده اند. پس از Franca-Rocha (1995).



sina-pub.ir

شکل. 6. تغییر ایزوتوپ کربن و اکسیژن کربناتها از سازند مزوپروتروزوئیک Caboclo. میدان A: دولومیت های "عادی" از مناطق غیرمعدنی. B: دولومیت ها از ذخیره Caboclo، بالاتر از منطقه معدنی. C: دولومیت های هیدروترمال تغییریافته که میزبانی کانی هستند.



شکل. 7. نقشه ساده شده زمین شناسی از ذخیره Morro Agudo-Vazante روی-سرب (نئوپروتروزوییک)، در حالت Minas Gerais ، پس از Rigobello و همکاران (1988) تغییر یافته است.

نئوپروتروزوییک

Morro ***Astido***

ذخیره Morro ***Astido*** ، که در سال 1961 کشف شده است، نقشه برداری شد و قبل از شروع عملیات استخراج از معادن، که در سال 1982 توسط Dardenne (1976) and Bez (1979 آغاز شد, مورد تشریح قرار گرفت.

sina-pub.ir

Romagna and Costa (1988,1989), این ذخیره را بر اساس نقشه برداری سطح و زیرزمینی توصیف نمودند. مطالعات دقیق سنگ و ایزوتوپی، و همچنین ذرات مایع دماسنج و تحقیقات ترکیبی (در حال حاضر در حال پیشرفت) توسط نویسندگان حال حاضر انجام شده اند. برخی از داده ها در حال حاضر خلاصه مفصلی از کانها را ارائه می دهند و توسط Cunha and Misi (1995) and Misi et al. (1996 مورد بحث قرار گرفته اند.

کانی Morro Agudo مرتبط با یک روند 300 کیلومتر خطی NS است که در آن معدن Vazante و چندین ظهور سرب و روی کوچک در آن قرار دارد (شکل 7). معدن Vazante، بزرگترین معدن روی برزیل (8 میلیون تن، 23٪ روی)، در حدود 80 کیلومتری جنوب Morro Agudo واقع شده است. این ذخیره اساساً با ویلمیت و کالامین، در ساختار جوش خرده سنگی و یا در رگه ها و یا لنزها تشکیل شده است. ذخایر Morro Agudo و Vazante توسط یک سیستم گسل نرمال NS با عمق 20 تا 70 درجه به سمت غرب کنترل می شوند. آنها همچنین یک کنترل چینه شناسی به خوبی تعریف شده را دارند: این کانی به دلارنیت ها از رخساره های فراجزر و مدی از سازند Vazante محدود شده است. این شکل گیری توسط dardenne (b1978) تعریف شده است که یک سازمان چرخه ای در بسته آواری-کربنات، با دو مگاسایکل واپسگرای از هم جدا شده توسط یک رویداد متجاوزانه، بسیار شبیه به سازماندهی حلقوی مشاهده شده در گروه Bambui و UNa (Marini et al., 1984; Misi, 197). ضخامت متغیر است و می تواند به بیش از 2500 متر در بخش جنوبی از معدن Vazante برسد (Marini et al., 198). دوره سازند Vazante برای سال های بسیاری, یک موضوع بحث بوده است. اگرچه همتای چین خورده گروه Bambid توسط بسیاری از محققان, غیر کراتونی در نظر گرفته شده است، dardenne (b1978، 1979) همبستگی های سنگ چینه را با توالی های Bambui کراتونی معمولی نیافتند و دوره مزوپروتروزوئیک را برای سازند Vazante پیشنهاد دادند. با این حال، مطالعات شیمیایی-لایه شناسی اخیر در Una و توالی های Bambui / Vazante, بر اساس تعیین Sr86 / Sr87 نمونه های کربنات به خوبی حفظ شده (سنگ های آهکی آلی، میکریتیک) و فسفریت ها (Misi و همکاران، 1997)، ارتباط بین این توالی ها را تایید نمودند و

sina-pub.ir

دوره پروتروزوییک ترمینال (-Ma 600) را برای رسوب کربنات گروه های UNA و Bambuf، از جمله سازند Vazante نشان داده اند.

در Morro Agudo، کانی سولفید از اسفالریت، گالن و پیریت ، همراه با کلسیت، میکروکوارتز (طول آهسته)، مگاکوارتز و باریت تشکیل شده است. کانسارهای توده ای یا منتشر شده سنگ معدن در طول یک گسل توزیع شده اند و به 4 کان سنگ اصلی توسط زمین شناسان معدنی CMM (Romagna and Costa, 1988) (شکل 8) تقسیم شده اند. آن ها عبارتند از:

کانسار M: رگه های دانه درشت، در دلارنیت ها، ناپیوسته. دوباره جمع شده.

کانسارN : دانه ریز، کانی چینه سان در تخت دلارنیتیک.

کانسارJKL : عظیم، ریز تا دانه درشت، حفاری تخت دولوستون اولیتیک.

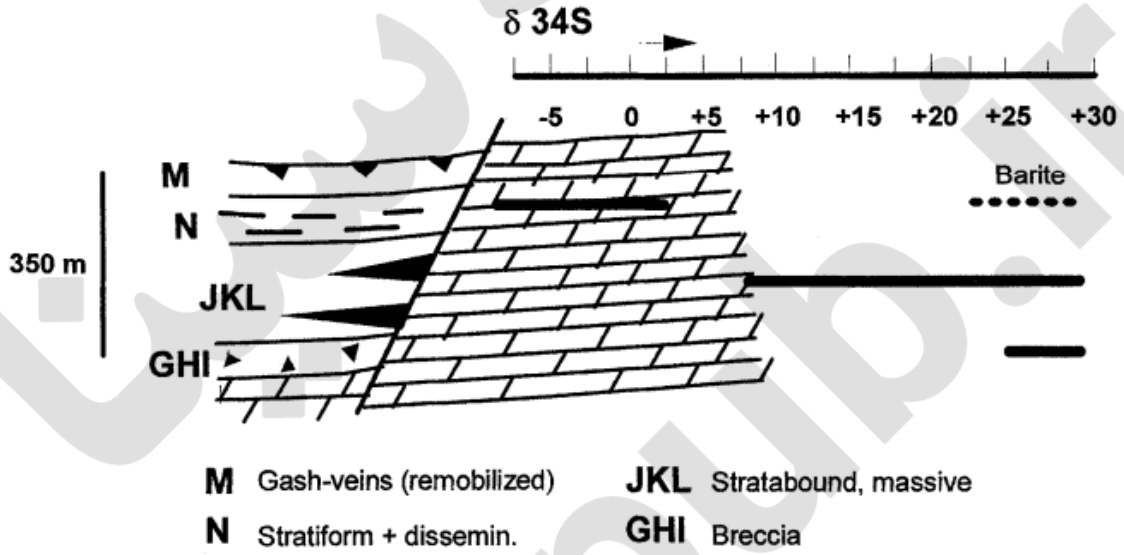
کانسار GHI: دانه درشت، حفاری ساختارهای جوش خرده سنگی.

مطالعات پتروگرافی کانی چینه سان، حضور کانی ندولر مرتبط با کوارتز میکروکریستال, فیبری و طول-کند, نشانه ای از حضور رخساره قبلی تبخیری کنترل کننده کانی چینه سان را نشان داد.

داده های ایزوتوپی سرب جمع آوری شده توسط Iyer (1984) و همکاران (1992) در Vazante-M.Agudo و مناطق مجاور، خط ایزوکرون ثانویه را نشان داد که منحنی تکامل مدل را در Ma 1800 و Ma 650 قطع می کنند. این مورد ناشی از بخش عمده ای از سرب از سنگ های زیرزمینی دوره Transamazonian تفسیر شد. یک منطقه بندی در ترکیب ایزوتوپی منطقه Morro Agudo نیز مشاهده شد: دور از منطقه گسل, سرب به تدریج پرتوزاد می شود. این می تواند نشانه ای باشد گسل نرمال در Morro Agudo, یک منطقه تغذیه کننده بوده است. ایزوکرون ثانویه مشاهده شده احتمالا ناشی از مخلوط کردن سرب زیر زمین و از رسوبات می باشد. این ترکیب کردن (سرب غیر عادی) می تواند مدل سنین هم جوان یا مسن تر از سن و سال از رسوبات (Gulson، 1986) را ارائه دهد. تحقیقات ایزوتوپی سرب روی سنگ های کربناته و اسیدهای متصاعد گردیده توسط Babinski (1993)، حضور انواع مختلف سرب و دوره های ایزوکرون را در برخی مناطق نشان می دهند که نشاندهنده تنظیم مجدد

sina-pub.ir

سیستم های ایزوتوپی سرب در طول کوهزایی برزیل است. مقایسه الگوی ایزوتوپ سرب از کربنات ها و نمونه های سنگ معدن از الگوی ترکیب حمایت می کنند. مطالعه ایزوتوپی سرب اخیر در حوضه Proterozoic Bell Purcell توسط BEAUDOIN (1997) یک آرایه خطی از نقاط داده ها را برای سولفیدها از ذخیره Sullivan ، در کانادا نشان داد. این مورد ناشی از ترکیب سرب پوسته فوقانی و / یا اورگون با سنگ زیرزمین تفسیر شد. این مطالعه همچنین نشان داد که سولفیدها تا 108 Ma پس از رسوب توسط سیالات هیدروترمال تغییر می یابند که آرایه Sullivan را می شوید و سرب پرتوزادتر را از تغییر Sullivan رسوب می دهد. در نتیجه نمونه برداری مفصل تر و تجزیه و تحلیل دقیق ایزوتوپی در منطقه Morro Agudo -Vazante ضروری است.



شکل. 8. نمایش شماتیک توزیع کان سنگ اصلی در معدن Morro Agudo مربوط به گسل، با توجه به Romagna و Costa (1988). تغییر ایزوتوپ گوگرد سولفیدها و باریت در کان سنگ نیز نشان داده شده است.

مطالعات ایزوتوپ گوگرد دقیق که به تازگی توسط نویسندگان حال حاضر روی 34 نمونه از سولفیدها انجام شده است، فرضیه منطقه تغذیه کننده مربوط به سیستم گسل را در معدن Agudo Moro تایید می کنند: یک روند مشخص از مقادیر مثبت بالا در پایین ترین، کانسار GHI نوع-جوش خرده سنگی (متوسط. $\delta^{34}S = +26.1‰$ CDT ، n = 2) تا مقادیر کمتر مثبت در اولیتیک، JKL محدود شده-لایه ای (میانگین. 18.5٪، n = 12) و مقادیر منفی متوسط در بالاترین، کانسار چینه سان N (میانگین. 3.0- ٪، n = 11) (شکل 8)

sina-pub.ir

وجود دارد. دماهای به دست آمده از جفت های اسفالریت-گالن کوژنتیک، با استفاده از معادله Ohmoto و Rye (1979) نشان دهنده تفاوت قابل توجه اعم از 257 درجه سانتیگراد در کانسار GHI ($\Delta^{34}S$ sph-gal = 2.6، 197، 134 و 112 در JKL ($\Delta^{34}S$ sph-gal = 3.3, 4.4 and 4.9) و 112 و 45 درجه در کانسنگ N ($\Delta^{34}S$ sph-gal = 4.9 and 7.2) هستند. کانسار M دمای بسیار پایین را در نمودار خارج از منحنی های درجه حرارت نشان می دهد.

شش نمونه باریت تحلیل شده برای ترکیب ایزوتوپی گوگرد آنها, یک محدوده باریک از مقادیر، بین 23 و 28.5٪ CDT (متوسط 26٪) را نشان داد. این مقادیر سازگار با مقادیر به دست آمده Ayre و همکاران (1992) از همان منطقه می باشد. آنها سولفات آب دریای پروتروزوئیک اخیر اصلی را با توجه به گفته Claypool و همکاران (1980) و Strauss (1993) همکاران منعکس می کنند.

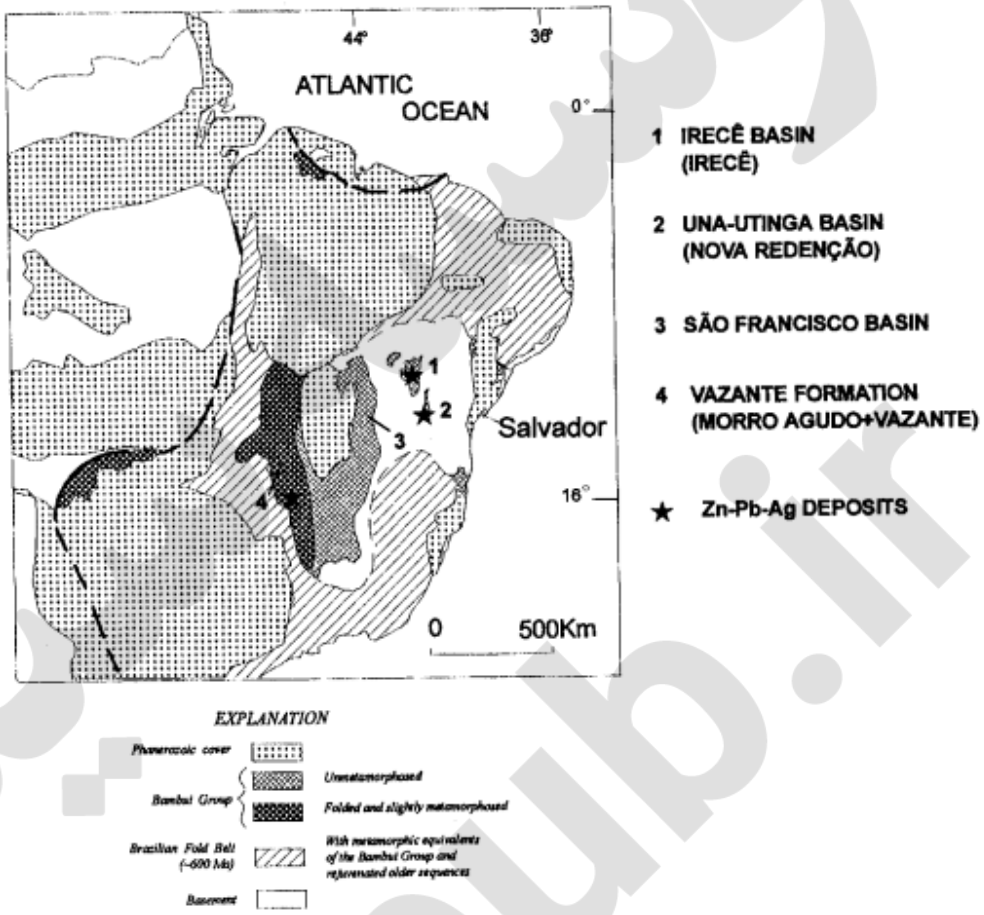
اطلاعات فوق نشان می دهد که حلال های سرشار از فلز از زیر زمین از طریق منطقه گسل در طول دوره های کششی حوزه مهاجرت کردند و با گوگرد کاهش یافته آب دریا واکنش نشان دادند. ماهیت جایگزینی بسیاری از کانی ها نشان می دهد که مرحله اصلی تشکیل سنگ ممکن است در مراحل اولیه دیاژنتیکی رسوب کربنات رخ داده باشد.

Ircci

کانی سولفید روی-سرب-نقره در حوضه Irece، توسط Riofinex do Brasil در سال 1979، با حفر نزدیک یک گوسان در بخش مرکزی از حوضه Irece، در ایالت Bahia کشف شد. این یک حوضه کوچک ظاهرا جدا شده در *S2o* Francisco Craton (شکل 9)، پر از رسوبات گالسیوژنیک (سازند Bebedouro) و بسته کربنات (سازند Slater) از گروه UNA نئوپروتروزوییک، مرتبط با گروه بهتر شناخته شده Bambui (Misi و همکاران، 1997) می باشد. در سال 1989، Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM)، 1.5 میلیون تن ذخایر با متوسط از 8٪ Pb + Zn و 120 گرم بر تن جیوه را تعریف نمود (Montiero، 1989). در سال 1985، Coinpanhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) در این منطقه از گوسان ها، غلظت فسفات استرومالیتیک اقتصادی در تنظیم زمین شناسی همان کانی های فلزی را کشف نمود، اما در یک موقعیت کمی بالاتر

sina-pub.ir

از چینه. غلظت فسفات با ساختارهای استروماتولیتیک ستونی با طول تقریبی 15 سانتی متر مرتبط است و در طول مراحل اولیه تکامل دیاژنتیکی تشکیل شد. منشاء آن، آلی به نظر می رسد (Misi و Kyle، 1994)



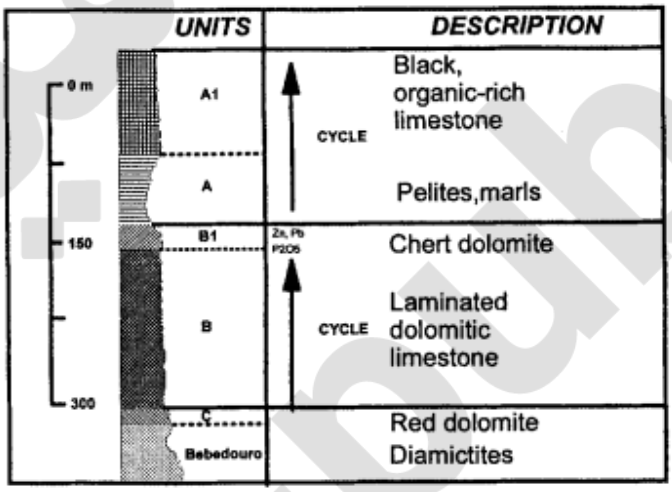
شکل. 9. زمین شناسی کلی شرق برزیل، که نشان دهنده ***Sfio*** Francisco Craton ، حوضه نئوپروتروزوییک (از جمله سازند Vazante) و ذخیره سرب و روی مورد مطالعه قرار گرفته می باشد.

کانی سولفید محدود شده-لایه ای و غلظت فسفات در یک دنباله تخت جزر و مدی با 50 متر ضخامت در سازند Salitre رخ می دهد. این سازند شامل حداقل 1.2 کیلومتر کربناتها، روی رسوبات گالسیوژنیک (دیامیکتیت ها) سازند Bebedouro و روی فرارسوبات آواری مزوپروتروزوئیک از گروه Chapada Diamantina Misi می شود. Misi (1978) و Misis و Kyle (1994)، دو چرخه متجاوزانه-پسرونده را در رسوب کربنات شناسایی نمودند. کانی های سولفید و فسفات در بالای یک دنباله ژرف به سمت بالا قرار گرفته اند که متنظر با اولین چرخه

sina-pub.ir

(شکل 10) می باشد. در حوضه Irece، چندین رخداد سولفید و فسفات دیگر، در همان موقعیت چینه شناسی گسترده شده است.

غلظت های سولفید محدود شده-لایه ای روی-سرب-نقره توده ای و یا منتشر شده با دولوستون مرتبط هستند که ساختارهای رسوبی با آب کم عمق، مانند ساختارهای خیمه مخروطی، ندول کوارتز با طول کند، و شبه مورف های بعد از سولفات های تبخیری را نشان می دهد. مواد معدنی سولفید، پیریت، اسفالریت، گالن، مرکزیت، یوردانیت، تتراهدریت و کوولیت، مرتبط با دولومیت، کلسیت، میکروکوارتز (فیبری با طول-کند)، باریت، دولومیت باروک، گچ و مگاکوارتز هستند. آنها به صورت پخش ریز دانه، لامینا، لنزها، توده های نامنظم، مصالح ندولر، و برش و پر کردن شکستگی (Kyle و Misi، 1997) رخ می دهند. بافت های جایگزین بین کانی های سولفیدی رایج هستند. مصالح کریستال پیریت معمولاً اشکال های تیغه ای، شبه مورف را بعد از تبخیر (گچ) نشان می دهند.



شکل. 10. چینه شناسی گروه UNA ، حوضه Irece، و دو چرخه متجاوزانه-واپسگرا، با توجه به Misi و Silva (IY96) . کانی سازی های فسفات و سولفید با کربنات آب های کم عمق، به طور عمده دولومیت، از چرخه اول در ارتباط هستند.

تجزیه و تحلیل ایزوتوپ گوگرد سولفورها و سولفات ها، مقادیر $\delta^{34}S$ نسبتا یکنواخت سنگین را نشان می دهد. این محدوده برای سولفاتها (باریت و گچ) از 25 تا 31‰ + CDT (میانگین 27.7، n=9) می باشد. سولفیدها، مربوط

sina-pub.ir

به انواع اشکال بافت دارای یک طیف $\delta^{34}S$ از 19 تا 23٪ (میانگین 21.3، n=19) هستند. مقادیر $\delta^{34}S$ بدست آمده برای سولفاتهای IrecG، احتمالاً نشان دهنده مقادیر اصلی سولفات آب دریا (Strauss، 1993) است. همانطور که توسط Kyle و Misi (1997) اشاره شده است، مقادیر مداوم سنگین $\delta^{34}S$ در سولفیدهای Irece احتمال زیاد ناشی از کاهش حرارتی یک منبع سولفات تبخیری محدود شده توسط مواد آلی هستند که در کربناتهای Salitre فراوان است". اطلاعات محدود شاره از اسفالریت، نشاندهنده دمای تشکیل در محدوده 140-200 درجه سانتی گراد، و شوری در محدوده WT YO 12-3 برای آب های این سازند است. ارتباط سولفیدهای TrGs Irmiis با کلسیت دارای منشاء شهاب سنگی، تفسیر شده است (Misi و Kyle، 1994)، و همچنین طیف وسیعی از ترکیبات شاره و درجه حرارت، نشان می دهد که این کانی ممکن است در ناحیه مخلوط از فلز و حوضه حامل با آب شهاب سنگی رخ داده باشد.

به طور خلاصه، داده های ایزوتوپی و مایع نشان می دهد که کانی سازی سولفیدی در ناحیه ترکیبی از برین های حوضه ای با درجه حرارت بالا با آبهای جوی رخ داده است. مایعات معدنی حامل فلز، سولفور را از سولفیدهای از پیش موجود پاک نمودند یا سولفیدها از کاهش مستقیم کمواد معدنی سولفات تبخیری تشکیل شده اند. چرخش عمیق مایع توسط فعالسازی دوباره گسل های حوضه در طی تشکیل حوضه Ireceو تکامل آن ارتقا یافته است. با این حال، وجود چنین ساختار همترازی ممکن است به طور مستقیم با کانی سازی مرتبط باشد، همانطور که در Morro Agudo و RedenqBo nova مشاهده شده است.

Nom Redenpo

کار بررسی شده توسط CPRM در حوضه Utinga Una نئوپروتروزوییک (شکل 9) بین سالهای 1987 و 1990، حضور سرب و روی و باریت و همچنین ناهنجاریهای ژئوشیمی خاک و رسوبات رودخانه قابل توجه و گوسان ها را نشان داد. CPRM نیز ذخیره های کوچک سرب و روی (نقره) در منطقه Redenqiio nova (2.5 میلیون تن، 6.3٪ سرب، روی و 0.5٪ ppni AG 33)، واقع در بخش جنوبی حوضه را کشف نمود. نقشه برداری دقیق و حفاری بیشتر توسط Moraes Filho and Leal (1990) در منطقه RedengBo Nova رابطه نزدیک ذخایر را

sina-pub.ir

با ساختار همتراز حدودی NW-SE نشان داد. در سال 1995، گروه پژوهشی فلززایی دانشگاه Bahia، یک برنامه تحقیقاتی در RedenqBo Nova را با توجه به توسعه یک مدل فلززایی سازگار با دیگر کانی سازی های سرب و روی حوضه های نئوپروتروزوییک از Siio Francisco Craton (Gomes، 1998) آغاز کرد. نتایج اولیه این تحقیق تحت پیشرفت به اختصار در اینجا مورد بحث قرار می گیرند.

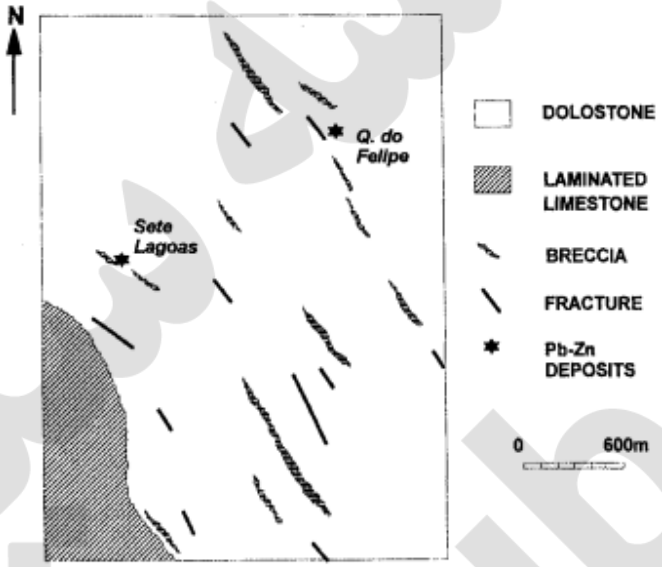
حوضه Utinga Una با توالی های عمدتا کربنات با همان سازماندهی چینه در حوزه IRED پر می شود. دیامیسیت های سازند Bebedouro گالسیوژنیک به طور ناملایم توسط سنگ آهک و دولومیت و آهک ، با همان توالی چینه شناسی سازند Salitre، در حوضه IrecC پشت سر هم قرار گرفته اند. کانی سازی سرب و روی (نقره) دارای ارتباط مستقیم با دلارنیت های اولیتیک سیلیسی و برش و دولومیت است که متناظر با بخش بالایی یک دنباله کم عمق به سمت بالا می باشد. اگر چه این بسترهای دولومیتیک به شدت سیلیسی هستند، آنها ساختارهای رسوبی نشان دهنده شکل گیری تبخیر آب های کم عمق، مانند گره میکروکوارتز (فیبر، طول آهسته)، شبه مورف کوارتز سولفات (گچ)، سازه خیمه مخروطی و استرومالیت های آرام را حفظ می کنند.

مواد معدنی سولفید عمدتاً گالن محدود شده-لایه ای ، اسفالریت، پیریت، سروزیت و انگلسیت، همراه با میکروکوارتز، مگاکوارتز، هماتیت و باریت هستند. آنها به صورت لنزهای عظیم، پراکنده در دلارنیت ها، با حفاری ماتریس سازه های اولیتیک و دولوستون های جوش خرده سنگی، تشکیل ندول ها و رگه های جمع شده رخ می دهند. ارتباط نزدیک همه کانی ها با مناطق شکستگی همتراز N45W واقعاً قابل توجه است. می توان آنها را برای بیش از 10 کیلومتر در منطقه RedenqBo Nova دنبال نمود و آنها با حضور ساختارهای جوش خرده سنگی و مناطق برشی (شکل 11) مشخص می شوند.

داده های ایزوتوپی سرب از هفت نمونه گالن از رسوبات RedenqBo Nova نشاندهنده ترکیب بسیار پرتوزاد و نمودار بالای منحنی بالایی در نمودار تکامل سرب است. مقادیر سن مدل محاسبه شده در محدوده 400 تا 600 Ma می باشد. وضع نقاط داده ها حاکی از اشتقاق سرب از منابع مختلف و به طور عمده از رسوبات می باشد. سرب پرتوزاد غالب مشاهده شده در RedenqBo Nova نشان دهنده اشتقاق مواد معدنی و جانبی در رسوبات می باشد.

sina-pub.ir

دماهای نسبتا بالا به دست آمده از مطالعات شاره (که در بخش دوم مورد بحث قرار گرفته اند) نیز می توانند یک تداخل زمانی کوتاه مایعات با رسوبات را نشان دهند. علاوه بر این مایعات باید حامل مقداری U و Th در ارتباط نزدیک با سرب، احتمالا با سرب و یا به عنوان اجزاء باشند. مقادیر سن مدل، هر چند دقیق نیست، حدوداً هماهنگ با دوره های زمین شناسی می باشد. نمونه های سرب نسبتاً پرتوزاد تر نشاندهنده دوره های جدیدتر هستند. سرب های پرتوزاد مشابه در معدن Sullivan، کانادا (BEAUDOIN، 1997) پیدا شده اند.



شکل. 11. نقشه ساده شده زمین شناسی منطقه Nova RecleiiqBo، با دو ذخایر اصلی سرب و روی که از نزدیک با شکستگی های NW-SE و مناطق برش همتراز مرتبط است. پس از Moraes Filho and Leal (1990) اصلاح شده است.

تجزیه و تحلیل های ایزوتوپ گوگرد، مقادیر بسیار بالای $\delta^{34}S$ بسیار بالا را برای باریت ذخیره Nova Redencao، اعم از 33.6-40.9٪ CDT (N = 4) نشان می دهد که سازگار با موارد مورد انتظار برای ترکیب آب دریا در طول پروتروزوییک ترمینال (Strauss، 1993) می باشد. گالن، اسفالریت و پیریت نشان دهنده تفاوت گسترده تر، بین 0.1 - و 18.6٪ CDT (میانگین 13.8، n=19) می باشد. اگر چه این طیف وسیع از تنوع می تواند کاهش باکتری زایی سولفات های آب دریا را نشان دهد، درجه حرارت های به دست آمده با استفاده از عوامل

sina-pub.ir

شکنش ایزوتوپ های گوگرد از دو نمونه جفت شده توامان گالن-آسفالریت (با استفاده از Ohmoto و Rye، معادله 1979)، این تفسیر را اجازه نمی دهد. دماهای محاسبه شده 154 درجه سانتی گراد (A34Ssph-GA = L 4) و 197 ° C (SPH-GAL = 3.3 ٪A) برای فعالیت باکتری بیش از حد بالا هستند.

دماسنجی شاره در اسفالریت از همان نمونه ها، این مقادیر را تایید می کند. دماهای همگن سازی 134 شاره دو فاز اولیه، نشان دهنده درجه حرارت های نسبتا بالا بین 150 و 220 درجه سانتی گراد است (حالت 185 ° C). برای همه اجزاء اندازه گیری شده (n = 137)، دماهای اولین ذوب شدن مشاهده شده در گستره 5 - به 60 – درجه می باشد. در حدود 70 درصد از اجزاء، تنها یک انتقال فاز را با اکثریت (حدود 72 درصد) نشان دادند که نمایشگر این درجه حرارت های بالای 21.2 – C است و نشان می دهد که ترکیب مایعات را می توان در سیستم H_2O-NaCl مدلسازی نمود. حدود 30٪ از اجزاء دو انتقال فاز را با نیمی از اطلاعات زیر 21.2 - "C نشان دادند که نشاندهنده حضور کلسیم، پتاسیم، و / یا منیزیم علاوه بر سدیم و کلر است. آخرین جامد ذوب شده، در اجزاء مشاهده شده است که آخرین نقطه ذوب بالاتر از یوتکتیک سیستم H_2O-NaCl را نشان می دهد و نمی توان آن را با توجه به اندازه کوچک اجزاء (معمولا کمتر از PM-10) شناسایی نمود. این می تواند هم یخ و یا هیدروهالیت ($NaCl \cdot 2H_2O$) باشد. شوری های محاسبه شده از آخرین ذوب یخ و هیدروهالیت ها، حالات 22.8 درصد وزنی نمک طعام NaCl و 23.8 درصد وزنی را نشان دادند. خطای در حدود 1 درصد وزنی نمک طعام احتمالا به دلیل عدم شناسایی این جامد آخر برای ذوب شدن و اهمیت جزئی در مجموع تعیین شوری می باشد. این مایعات بسیار شور می توانند نتیجه اختلاط بارین های حوضه و یا نفوذ آب های سطحی تبخیری باشند (Leach and Sangster, 199). حضور ساختارهای رسوبی حفظ شده مانند گره میکروکوارتز (فیبر، طول آهسته) و کوارتز شبه مورف سولفات ها (گچ)، نشان دهنده شکل گیری تبخیر آب های کم عمق در سایت های رسوبی است و نشان می دهد که شوری بالای این مایعات را می توان به حلال های تبخیری، احتمالا توسط یک آب نمک شور متوسط غنی از فلز نسبت داد.

sina-pub.ir

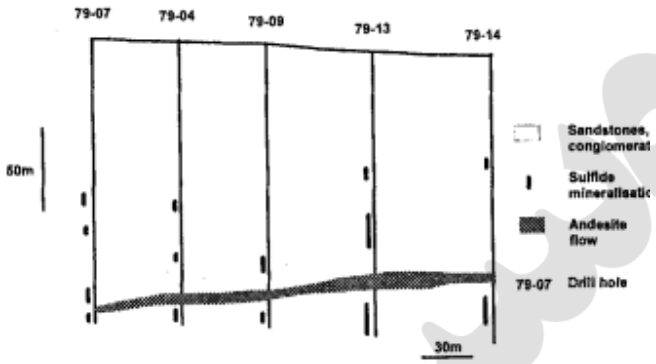
ارتباط نزدیک کانی سازی با شکستگی های همتراز و کنترل چینه شناسی در ارتباط نزدیک با رخساره های تبخیری، از مدل RedenqZo Nova َشبیه به مدل پیشنهاد شده برای Morro Agudo و برای Irec6 حمایت می کنند. گردش مایع در مایعات حامل-فلز توسط ساختارهای زیرزمین فعال و رسوب در رخساره های تبخیری به واسطه کاهش مستقیم مواد معدنی سولفات، در طول تکامل دیاژنتیکی اولیه کربناتها ارتقا یافت.

پروتروزوئیک پسین تا اوایل پالئوزوئیک

Saritn Marig

ذخیره سرب و روی (نقره) Santa Maria توسط Companhia Brasileira do Cobre (CBC) مورد مطالعه قرار گرفته است. Badi (1983) یک مطالعه منطقه ای از CamaquB انجام داد که در آن معادن CamaquZ (مس) و Santa Maria (سرب و روی) واقع شده بودند. اخیراً، Remus et al. (1997) بررسی های ایزوتوپ سولفور و سرب را در این ذخیره انجام دادند تا زمانبندی کانی سازی منبع فلزات و گوگرد را محدود نمایند. کانی سازی در Santa Maria از گالن های عظیم (رگه و پراکنده)، با پیریت و کالکوپیریت جزئی و بورنیت تشکیل شده است. مواد معدنی باطله، کوارتز، کربناتها، پلاژیوکلاز، میکروکلین، بیوتیت، تورمالین و خاک رس مواد معدنی هستند. این کانی در ماتریس ماسه سنگ و کنگلومرای آرکوسیک سازند Nobres Arroio dos (Bom Jardim Group, Camaqua Basin) تشکیل شده است که به عنوان توسط یک سیستم دلتایی (Badi، 1983) ذخیره شده است. جریان های آتشفشانی آندزیتی در عضو آواری پایه (Hil6rio Member) (شکل 12) وجود دارند. دو سیستم گسل با جهت NE و NW، این کانی را به ویژه در کانی سازی مس در معادن Camaqua، واقع در حدود 5 کیلومتر به Santa Maria NE کنترل می نمایند. Bom Jardim Group در ساختارهای گرابن روی حوضه آرکئن-پالئوپروتروزوئیک رسوب یافته است.

sina-pub.ir



شکل. بخش 12. تقاطع ذخیره Santa Maria، پس از Badi (1983) ساده سازی شده است.

داده های ایزوتوپی سرب به دست آمده توسط remus و همکاران (1997) برای سولفیدها از هر دو ذخیره (CamaquB و Santa Maria)، همراه با داده ها برای سنگ های رسوبی بدون تغییر از Bom Jesus Group از همان نویسنده، یک نمودار در یک آرایه خطی را نشان می دهند. این آرایه موازی با خط ایزوکرون سرب-سرب (Ma 596) گرانیت، Lavras و سازند آتشفشانی Hilario است که همسنی کانی با تشکیل این سنگ ها را نشان می دهد. این ترکیب پرتوزاد که به طور قابل توجهی از مقداری سولفید تشکیل شده است، بر منبع سربی دلالت دارد که رسوب یافته است. سرب احتمالا توسط یک سیال گرمابی در طول صعود خود از طریق ستون رسوبی مشتق شده بود. سولفیدها فازهای حامل U- را در ارتباط نزدیک و یا به عنوان اجزاء حمل نموده اند. یک محاسبه ساده، غلظت های U از 0.03-0.04٪ را در U و در برخی از سولفیدها نشان می دهد.

داده های ایزوتوپی گوگرد برای سولفید ذخیره Santa Maria (-2.6٪ O به 1.1٪ O CDT) توسط remus و همکاران در همان محدوده (1997) با مقادیر پنج نمونه از گالن و اسفالریت به دست آمده است (-3.6٪ تا 4.1٪ CDT). این داده ها نشان دهنده یک منبع عمیق (ماگمایی؟) گوگرد در سولفید می باشد. نمونه های باریت از قسمت های فاصله دار رگه های سولفید، مقادیر $\delta^{34}S$ از 10.3 تا 14.1٪ را نشان می دهند کهدهنده اختلاط بین آب های دریایی و منابع ماگمایی می باشد (Remus و همکاران، 1997). داده های ژئوترمومتریک بر اساس شکنش ایزوتوپی سولفید بین گالن همزمان و جفت اسفالریت درجه حرارت در محدوده 280 تا 310 C را به همراه داشت (Remus و همکاران، 1997).

sina-pub.ir

بحث

به نظر نمی رسد ذخایر سرب و روی با میزبانی رسوب مورد مطالعه در اینجا دارای ذخایر فلزی قابل توجهی باشند، همانطور که به طور معمول در حوزه های دیگر پروتروزوییک معدنی در سراسر جهان مشاهده شده است. با این حال، آنها برخی از ویژگی های مشترک مهم را با کانسارهای کلاس سولفید توده میزبانی رسوب دارند، همانطور که توسط Large (1983) توصیف شده است که در آن بسیاری از ذخایر شناخته شده سرب و روی در سطح جهانی را شامل می شوند. با این وجود، در برخی موارد، ذخایر مورد مطالعه از مدل SEDEX کلاسیک کانسارهای سولفید متفاوت هستند: به جز برای کانی Santa Maria، به جای سنگهای آواری، تمام ذخایر با کربناتها همراه هستند و فقدان آشکار فعالیت آتشفشانی همزمان در طول رسوب حوضه وجود دارد. علاوه بر این، ماهیت مصنوعی-دیاژنتیکی مهم ترین کانی ها در این کانسارها در تضاد مستقیم با مدل همزاد اعمال شده برای بسیاری از ذخایر SEDEX کلاسیک قرار دارد.

ذخایر برزیلی مورد مطالعه در اینجا نیز دارای برخی از ویژگی های زمین شناسی و ژئوشیمیایی هستند که می تواند تکامل فلززایی مشترک، مربوط به تکامل زمین ساختی و دیاژنتیکی حوضه میزبان را نشان دهد. کنترل قابل توجه چینه شناسی، ارتباط با گسل نرمال همزمان، درجه حرارت بالای نسبی شکل گیری و ماهیت عظیم کانی که در بسیاری از ذخایر شرح داده شده است، همه به نفع منشاء مربوط به انتشار هیدروترمال متمرکز مایعات حامل فلز است که شکستگی ها و گسل، در طول تکامل حوضه و در مرحله قبل از تغییر شکل رخ می دهند. صرف نظر از دوره آنها، این فرایند ظاهراً در طی مراحل مهم گسترده از حوضه فعال بوده است.

در این رابطه، ذخیره آرکئن-پالئوپروتروزوئیک Boquira را می توان قطعا نادر در نظر گرفت. این مورد به این واقعیت نسبت داده می شود که شرایط مطلوب برای رسوب سولفید میزبانی رسوب، به خصوص آنهایی که حاوی سرب هستند، بعداً در تاریخ تکامل زمین پدید آمده است. همانطور که توسط Gale (1983) اشاره شده است، " ممکن است شرایط پوسته آرکئن منجر به شکل گیری و یا حفاظت از توالی های ضخیم رسوبات در حوضه های رسوبی مهم نشده باشد". این مورد منجر به محدود شدن اکتشاف در حوضه های رسوبی به طبقات سنگی جوان تر

sina-pub.ir

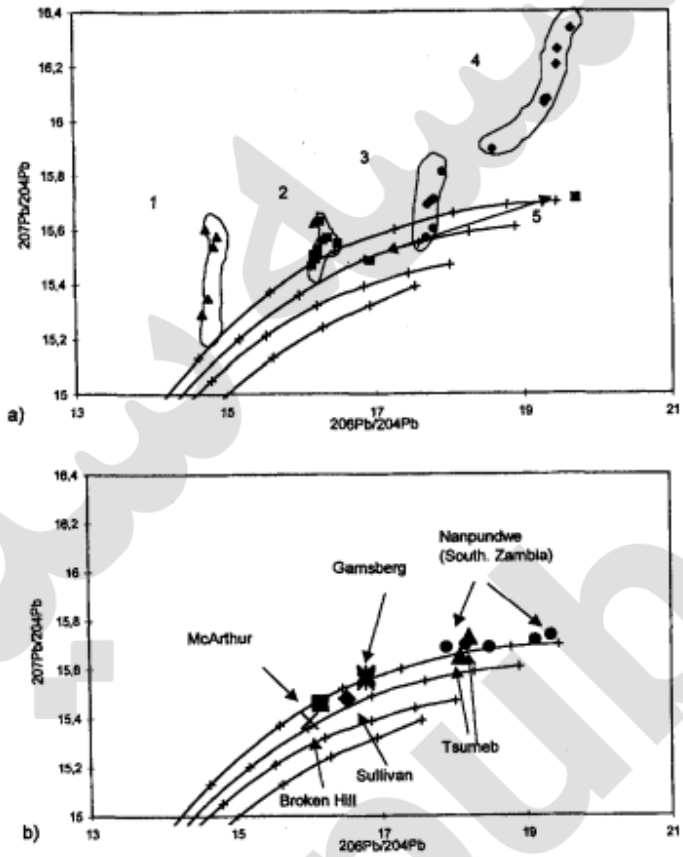
از آرکئن شده است. با این حال، بهره برداری اقتصادی از Boquira، که برای بیش از چهل سال فعال بود، نیاز به تقویت افق اکتشاف در طبقات سنگی آرکئن را تضمین می کند.

از سوی دیگر، یک تناقض آشکار در مورد ذخیره نئوپروتروزوییک، مانند Morro Agudo، IREC @ نوا Redenqiio دوم وجود دارد: اگر Siio Francisco and Ired Basins (Bambui and Una Groups) ، که میزبان این ذخایر معدنی هستند، حوضه های فورلند هستند، همانطور که توسط سنین Ga 0.65-0.60 ، همسن با فاز فشاری کوهزایی Brasiliano / پان آفریقایی نشان داده شده است (Ga 0.55-0.75، Pedrosa Soares و همکاران، 1992). بدون در نظر گرفتن ارتباط غیر قابل انکار ذخیره Morro Agudo و Nova Redenqiio با ساختارهای همتراز همانطور که قبلاً نشان داده شده است، باید ما را به در نظر گرفتن کوهزایی Brasiliano / پان آفریقایی یک رویداد طولانی مدت هدایت می کند. وجود حوادث کششی در طول تاریخ طولانی فشاری کوهزایی Brasilano احتمالا به فعال شدن مجدد سازه زیرزمینی قدیمی مربوط می شود. در واقع، سازماندهی چرخه ای بسته کربنات Bambui و UNa، با حداقل دو دوره پسرونده-واپسگرا و ارتباط روشن کانی سازی با یک عمق دنباله رو به بالا (چرخه 1)، این گزاره را تایید می کند. ویژگی های زمین شناسی و کانی مشترک در داده های ایزوتوپی منعکس شده است. داده های ایزوتوپی سرب از پنج رسوب در منحنی تکامل سرب Zartman و Coe (1981) (شکل A13) نشان داده شده است. مقدار محاسبه شده سن مدل حدوداً هماهنگ با سنین زمین شناسی مربوطه است. نقاط داده ها برای تمام ذخیره نزدیک یا بالاتر از منحنی تکامل برای پوسته بالایی ترسیم شده اند که اشتقاق فلز از منابع پوسته فوقانی را نشان می دهد.. این منابع حاوی سنگی زیرزمین و رسوبات خود هستند.

بنابراین، داده های ایزوتوپی سرب ما مطابق با روند کلی برای کانسارهای سولفید میزبانی رسوب هستند همانطور که توسط Large (1983) گفته شده است و در آن سولفید محدود شده-لایه ای به طور کلی همگن نشان داده است. شکل. B13، داده های متداخل ما با داده ها از برخی از ذخایر ذخیره سرب و روی را در سطح جهانی نشان می دهد که احتمالا نشان دهنده شرایط مشابه شکل گیری است. داده های ایزوتوپی سرب از ذخیره برزیل نشان دهنده روند

sina-pub.ir

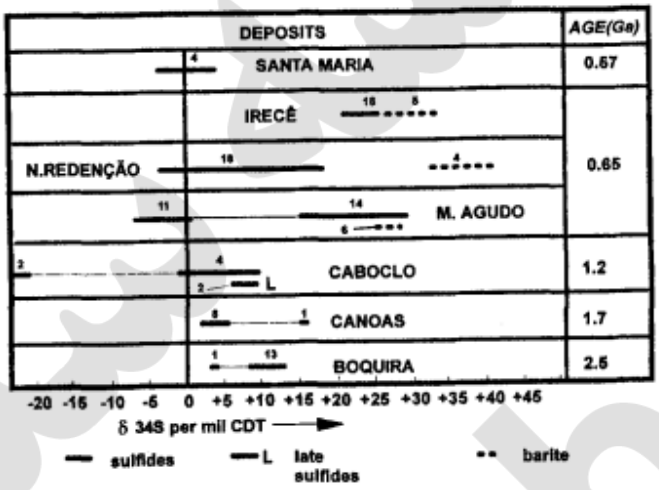
خطی شبیه به روند مشاهده شده برای ذخیره Sullivan، در کانادا و دیگر ذخایر SEDEX است (BEAUDOIN، 1997). تجزیه و تحلیل ایزوتوپ بیشتر (در حال انجام) باید روند ذخیره های فردی را مشخص نماید. این روند نه تنها باید به تعریف بهتر سنین کانی، بلکه به ارزش برنامه اکتشاف کمک کند.



شکل. 13 a) ترکیب ایزوتوپی سرب گالن از رسوباتمورد مطالعه. منحنی تکامل با توجه به مدل پلامبوتوتونیک Zartman و Coe (1981، منحنی فوقانی مربوط به تحول در پوسته بالایی (UC)، پس از گوشته (MN)، orogen (OR) و پوسته پایین تر (LC) است. منحنی تکامل. 1 - 2 Boquira - 3 Canoas - Morro Agudo 4 - Redenqlo 5 Nova - Santa Maria b) ترکیب ایزوتوپی سرب برای برخی از کانسارهای سولفید پروتروزوییک با میزبانی رسوب در سطح جهانی.

sina-pub.ir

ترکیب ایزوتوپی گوگرد از سولفید و سولفات از رسوبات مختلف با میزبانی رسوب پروتروزوییک در شکل 14نشان داده شده است. غیر از کانی Santa Maria، داده های ایزوتوپی برای همه ذخیره نشاندهنده یک منبع آب دریا غالب برای گوگرد است. در ذخیره Santa Maria منبع گوگرد، آتشفشانی به نظر می رسد و سهم کمی از رسوبات وجود دارد. در ذخایر دیگر، داده زمین شناسی، پتروگرافی، خنک و ایزوتوپی به امکان کاهش ترموشیمیایی سولفات آب دریا اشاره می کنند.



شکل. 14. تنوع ایزوتوپ سولفور مورد مطالعه در سولفیدها و سولفات ها از ذخیره با میزبانی رسوب. اشکال فوق خطوط نشان دهنده تعداد تعیین ها برای محدوده نشان داده شده هستند.

نتایج

این مطالعه به بحث در مورد ویژگی های زمین شناسی، پتروگرافی و ایزوتوپی ذخیره سرب و روی میزبان رسوبات مختلف از برزیل، اعم از 2.5 تا 0.6 Ga می پردازد. ویژگی های مشترک قابل توجهی از این ذخیره ها، منشا آنها را روی یک محدوده زمانی وسیع نشان می دهد. زمان شکل گیری همزمان با قسمت کششی مهم در قاره نشان دهنده ماهیت تکراری فرآیندهای کانی سازی است.

داده های ایزوتوپی سرب از یک مدل که شامل عمل سیالات گرمابی حامل فلزات از زیر زمین هستند حمایت می کند. داده های ایزوتوپ سولفور به منشا آب دریا از سولفور در شش تا از رسوب های مطالعه شده و احتمالاً نتیجه

sina-pub.ir

شده از جریان های آتشفشانی میانی در رسوب های میزان در ذخیره Santa Maria حمایت می کنند. در این ذخیره، به نظر می رسد که منبع سولفور با وجود اندک منابع رسوبی، ماگمایی باشد. در برخی موارد، مایعات ترکیبی نیز ممکن است نقش داشته باشند. ارتباط کانی با ساختارهای خطی (گسل های نرمال و یا شکستگی ها) که در بیشتر ذخایر مشاهده می شود، نشانه نوعی از مسیرهای اصلی دردسترس برای مایعات است. ذخیره و رسوب عمدتاً توسط کاهش حرارتی-شیمیایی سولفات ها و جایگذاری متعاقب کربنات های تبخیری غنی از سولفات ها در طی مراحل دیاژنتیک رخ داد که برای ذخایر نئوژروتوزوئیک نشان داده شده است.

این مطالعه تاکید می نماید که ذخایر باید در زمینه ژئوتکنین خود مورد بررسی قرار گیرند. علاوه بر این، مدل های فلززایی موجود باید با استفاده از اطلاعات زمین شناسی، زمین ساختی، جغرافیایی-شیمیایی و ایزوتوپیک بازنگری شوند. این کار باید با راه اندازی یک راهبرد اکتشاف بر مبنای علمی صورت گیرد.