

# TEMPERATURAS Y PRESIONES DE FORMACION DE ALGUNOS YACIMIENTOS CUPRIFEROS DE CHILE

G.V. NISTERENKO *Instituto de Geoquímica y Química Analítica Vernadsky, Academia de Ciencias de la URSS, Moscú.*  
J. LOSERT *Instituto de Geología, Academia de Ciencias de Checoslovaquia, Praga.*  
L. CHAVEZ *Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago.*  
V.B. NAUMOV *Instituto de Geoquímica y Química Analítica Vernadsky, Academia de Ciencias de la URSS, Moscú.*

## RESUMEN

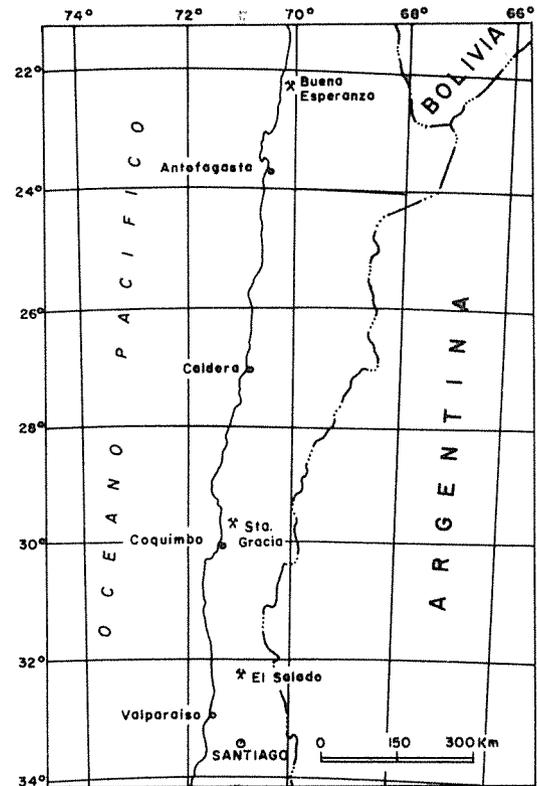
El estudio de inclusiones fluidas en minerales de ganga provenientes de diversos tipos de yacimientos cupríferos de Chile demuestra que tales yacimientos se han originado a partir de soluciones hidrotermales cloruradas, cuyas temperaturas han sido del orden de 430<sup>o</sup> a 40<sup>o</sup>C y bajo condiciones de presión del orden de 300 bars a 1.200 bars. La concentración de sales en la solución (principalmente NaCl) ha alcanzado valores de hasta 35<sup>o</sup>/<sub>o</sub> en peso.

## INTRODUCCION

El estudio de inclusiones fluidas en los minerales permite conocer las condiciones de formación de los yacimientos ya que esas inclusiones conservan las condiciones ambientales bajo las cuales crecían los cristales de los minerales que las contienen. En muchos casos este tipo de investigación ayuda a resolver importantes problemas relativos a la formación de las menas y la génesis de los yacimientos. Tal es el caso para los diversos tipos de yacimientos cupríferos chilenos emplazados en las secuencias volcánico-sedimentarias del geosinclinal andino. Las muestras estudiadas provienen de los yacimientos Buena Esperanza (provincia de Antofagasta), El Salado de Catemu (provincia de Aconcagua) y de yacimientos de hierro y cobre del área de Santa Gracia (provincia de Coquimbo), (fig. 1).

## MARCO GEOLOGICO DE LOS YACIMIENTOS ESTUDIADOS

La mineralización cuprífera asociada al desarrollo del geosinclinal andino ha dado lugar a la formación de una gran variedad de yacimientos cupríferos, gran parte de los cuales se localiza directamente en las secuencias volcánicas y volcánico-sedimentarias que constituyen el relleno del geosinclinal. Entre ellos se conocen yacimientos vetiformes, yacimientos tipo skarn y yacimientos tipo manto concordantes con la estratificación de las rocas que los contienen. De interés especial, por los problemas relativos a su génesis, son los yacimientos tipo manto; éstos se encuentran ubicados tanto en rocas efusivas (andesitas y basaltos) como en rocas sedimentarias (brechas, tobas y areniscas volcánicas, lutitas y calizas) intercaladas con efusivos. Estratigráficamente, se ubican en secuencias Jurásicas, Cretácicas y Terciarias del geosinclinal andino. Tienen carácter de impregnación, diseminación y



“stockwork” de minerales cupríferos. En aquellos emplazados en secuencias principalmente volcánicas, la mineralización se ubica de preferencia en las partes superiores de las coladas andesíticas. El número de coladas mineralizadas en cada yacimiento es variable, habiéndose alcanzado en algunos casos hasta 28 “mantos” sucesivos es decir, 28 coladas sucesivas mineralizadas en su parte superior (yacimiento Buena Esperanza).

En relación con la génesis de los yacimientos tipo manto se han propuesto varias hipótesis. Así por ejemplo Ruiz *et al.*, (1965), Ruiz (1966), Ruiz *et al.*, (1971), consideran estos yacimientos como singenéticos con las andesitas que los contienen. Según tales autores la depositación de la mineralización tuvo lugar al momento de producirse las efusiones y como resultado de la separación del cobre contenido en la masa fundida en fase gaseosa y su migración hacia

las partes altas de las coladas donde se depositaron compuestos de cobre en poros y vesículas. Carter (1960; 1961) considera que los yacimientos de cobre tipo manto del área de Cabildo se formaron por fluidos mineralizadores hidrotermales que emanaron de magmas de composición intermedia. Nisterenko y Chávez (1971) proponen también una génesis hidrotermal para los yacimientos cupríferos tipo manto de Chile, pero a diferencia de la hipótesis de Carter (1960; 1961) estos autores consideran que las soluciones hidrotermales se formaron a partir de aguas meteóricas calentadas en los contactos con cuerpos intrusivos. Tales soluciones así originadas habrían removilizado el cobre contenido en las rocas andesíticas (en calidad de elemento traza) desde las cercanías de los contactos con los intrusivos y lo habrían depositado más lejos constituyendo los yacimientos.

Sobre la base de los resultados obtenidos de los estudios realizados en los yacimientos tipo manto Buena Esperanza, El Salado de Catemu y en yacimientos tipo manto del área de Cabildo, los autores del presente trabajo concluyen que el origen de tales yacimientos cupríferos es hidrotermal - epigenético.

La mineralización en los yacimientos estudiados fue acompañada por una alteración hidrotermal metasomática de las rocas encajadoras. Así, por ejemplo, en el yacimiento El Salado, donde se ha observado la alteración más intensa, las rocas encajadoras son andesitas (ocoítas de la formación Veta Negra de edad Cretácica Inferior) brechizadas en su parte más alta y milonitas dispuestas entre coladas, las cuales han sido fuertemente alteradas a rocas albitizadas de color rosado claro. En este yacimiento la mineralización hidrotermal está caracterizada por abundante bornita y calcopirita; tales minerales se presentan como impregnación fina y agregados irregulares de hasta algunos centímetros de diámetro en las zonas albitizadas de las coladas. Las zonas albitizadas y mineralizadas son concordantes con la estratificación de la secuencia y se ubican por lo general en la parte alta de las coladas. Se observan además vesículas rellenas por cuarzo y bornita (Nisterenko y Chávez, 1971).

En rocas andesíticas amigdaloidales los minerales que rellenaban las amígdalas fueron lixiviados por las soluciones hidrotermales y los vacíos fueron posteriormente rellenos por sulfuros de cobre (calcopirita, bornita, calcosina, digenita) de origen hidrotermal. Este fenómeno es de suma importancia en el yacimiento Buena Esperanza (emplazado en andesitas de la formación La Negra de edad Jurásica). Pero, además, hay en este yacimiento una red de venillas

entrecruzadas de los mismos minerales hidrotermales, que interconectan las amígdalas entre sí y con zonas de brechas tectónicas asociadas con fallas casi verticales, las cuales se encuentran también mineralizadas. Es de notar además, que en todos los tipos de mineralización observados en el yacimiento Buena Esperanza la mineralogía y la secuencia de depositación de minerales hidrotermales son siempre las mismas: pirita es el mineral más antiguo seguido por bornita y calcosina, minerales, además, más abundantes. Los minerales de ganga son cuarzo y calcita, yeso ocurre en algunos lugares y hematita es también frecuente. Los tipos más importantes de alteración hidrotermal son sericitización, cloritización, y calcitización, mientras silicificación y albitización son más raros (Losert, 1972).

Las características mencionadas junto con las observaciones hechas por Carter (1960; 1961) acerca de la localización de los yacimientos cupríferos del área de Cabildo en las cercanías de los contactos con cuerpos intrusivos graníticos, son indicativos de una génesis hidrotermal de los yacimientos estudiados y descartan la posibilidad de un origen sinéctico de los yacimientos con las coladas de lavas andesíticas. Los resultados del estudio de inclusiones en minerales de ganga de los yacimientos Buena Esperanza y El Salado son indicativos también de la formación epigenética de tales yacimientos.

Para comparar las condiciones de formación de diferentes tipos de yacimientos cupríferos chilenos se han estudiado también algunos otros tipos de mineralización. Estos son los yacimientos de hierro y cobre de Santa Gracia, provincia de Coquimbo, los cuales se ubican en la formación Arqueros (Cretácico Inferior) y dentro de la aureola de contacto alrededor de un plutón granítico. Las rocas metamorfizadas son andesitas, brechas volcánicas y calizas. En esta aureola están representadas las facies de rocas córneas de albita-epidota y de hornblenda. Los yacimientos son vetiformes y de tipo skarn estratiforme. Los yacimientos vetiformes se ubican en su mayoría en la zona ocupada por la facies de rocas córneas de albita-epidota y los de tipo skarn dentro de la facies de rocas córneas de hornblenda. Dentro de estos últimos, los yacimientos de hierro se ubican más cerca del plutón granítico y los de cobre más afuera y cerca del límite entre las mencionadas facies metamórficas. En los yacimientos de hierro el principal mineral metalífero es magnetita, seguida de hematita; pirita y calcopirita están presentes en cantidades muy subordinadas. En los yacimientos cupríferos calcopirita es el principal mineral metalífero, pirita, es también muy abundante y

T A B L A 1

Resultados del estudio termométrico de inclusiones en minerales provenientes de algunos yacimientos cupríferos chilenos

Muestra	Características de las muestras	Mineral	Temperatura de homogenización	Número de inclusiones
<b>YACIMIENTO BUENA ESPERANZA</b>				
1-1	vetillas con cuarzo, calcita, calcosina y bornita	calcita	70-65	5
2-1		calcita	125	2
15-8		calcita	120-100	4
15-1		calcita	195-122	5
15-2		calcita	120	3
15-3		yeso	menor que 40	15
15-5	relleno de amígdalas y drusas en andesitas	calcita	140-124	2
30-2		calcita	130	5
30-3		calcita	122-112	25
72-2		calcita	120	3
30-4		yeso	menor que 40	12
Ocurrencias de cobre nativo en amígdalas de rocas andesíticas al oeste de Buena Esperanza				
71-1	relleno de amígdalas con cobre nativo y epidota en andesitas ricas en potasio	cuarzo	120-100	8
71-3		calcita	64	2
72-1	relleno de amígdalas en basaltos epidotizados	cuarzo	235-145	4
70-1		cuarzo	144-130	11
<b>YACIMIENTO EL SALADO DE CATEMU</b>				
ST-2	relleno de amígdalas con cuarzo y bornita en rocas andesíticas alteradas	cuarzo	324-323	3
ST-4		cuarzo	273-249	2
ST-7		cuarzo	410	2
ST-8		cuarzo	430-388	7
ST-10		cuarzo	353	2
ST-11		cuarzo	337-302	8
ST-15		cuarzo	305	3
<b>YACIMIENTOS DEL AREA DE SANTA GRACIA</b>				
290-5	calcita en yacimiento de hierro tipo skarn	calcita	312-283	3
291-1	vetillas de carbonato en caliza mineralizada con magnetita y calcopirita	calcita	343-296	31
291-1		calcita	368-308	39
291-3		calcita	280	2
291-4		calcita	348-278	5
291-6		calcita	363-300	3
271-3	drusas de cuarzo y calcita en zona de brechización	cuarzo	308-300	8
271-4		calcita	295-290	9
271-5		cuarzo	310-290	9
271-8		calcita	140-132	56
271-9		cuarzo	340	20
271-10		calcita	405-275	83
297-2	ganga de calcita en yacimiento vetiforme de magnetita	calcita	253-234	4
297-3		calcita	247-218	4

sólo en algunos casos hematita y magnetita alcanzan una abundancia significativa. Calcita es el principal mineral de ganga en todos los yacimientos; otros minerales importantes en la ganga son granate, epidota y en algunos casos algo de cuarzo. La formación epigenética de los yacimientos de Santa Gracia no ofrece dudas, ya que en este caso la mineralización está asociada al desarrollo de los fenómenos de metamorfismo de contacto de la secuencia volcánico-sedimentaria (Chávez, 1972).

#### ESTUDIO DE LAS INCLUSIONES

Se han estudiado inclusiones en cuarzo, calcita y yeso, pero es preciso notar que la repartición de estos minerales no es la misma en todos los yacimientos estudiados. En Buena Esperanza se conocen estos tres minerales mientras que en El Salado cuarzo es el único mineral de ganga y en Santa Gracia calcita es el mineral no metálico más abundante.

En la determinación de temperaturas de formación de yacimientos metalíferos por medio del estudio de inclusiones surge el problema de si las temperaturas determinadas para la cristalización de minerales de ganga corresponden también a las de cristalización de los minerales metálicos. Para obviar el problema se han estudiado solamente las muestras en las cuales cuarzo y/o calcita cristalizaron contemporáneamente o casi contemporáneamente con los minerales metálicos (Criterios texturales macroscópicos y microscópicos).

Los siguientes tipos de inclusiones han sido encontrados en las muestras estudiadas: 1. inclusiones monofásicas, es decir con una sola fase, en este caso líquida, 2. inclusiones bifásicas, con dos fases: líquida y gaseosa, con predominancia de la gaseosa y cantidad negligible de fase líquida, 3. inclusiones trifásicas, con tres fases: líquida, gaseosa y sólida, 4. inclusiones trifásicas, con dióxido de carbono presente en la fase líquida.

#### Determinación de las temperaturas de formación

Los estudios termométricos de las inclusiones se han efectuado mediante el método de homogenización y usando una termo-cámara construida por Kalyuzhnyi (1958). Los resultados obtenidos (Tabla 1) indican las siguientes condiciones de formación de los yacimientos estudiados:

**Yacimiento Buena Esperanza.** Las inclusiones en minerales del yacimiento Buena Esperanza están caracterizadas por la homogenización hacia la fase líquida a temperaturas algo inferiores a 200°C, en la mayo-

ría de los casos a temperaturas entre 195°C y 112°C. Las temperaturas de homogenización más altas son las de inclusiones en cuarzo (235°C-120°C), mientras que para inclusiones en calcita la homogenización tiene lugar entre 140°C y 112°C. Las inclusiones en yeso son solamente monofásicas (líquidas) lo que significa una temperatura de formación menor que 40°C y posiblemente un origen supérgeno del yeso. La disminución de las temperaturas de homogenización en los minerales mencionados corresponde a la sucesión de cristalización de ellos en vetillas y amígdalas.

Un tipo especial de mineralización cuprífera fue detectado 1,5 km al oeste del yacimiento estratiforme de Buena Esperanza (Losert, 1972). Se trata de cobre nativo, que ocurre en amígdalas de flujos de lavas andesíticas ricas en potasio, junto con cuarzo, calcedonia, clorita, sericita, calcita, epidota, prehnita, feldespato potásico y zeolitas. Este tipo de mineralización está relacionado con el desarrollo de una zona de epidotización de extensión regional (epidotización regional) que se manifiesta en zonas concordantes con la estratificación de la secuencia volcánica especialmente en rocas basálticas. Aquí las temperaturas de homogenización de las inclusiones presentes en el cuarzo que rellena amígdalas junto con epidota, varían de 130°C a 235°C, mientras debajo de la zona de epidotización, en el horizonte con cobre nativo, el cuarzo asociado tiene inclusiones cuya homogenización ocurre entre 100°C y 120°C. Las temperaturas de homogenización de inclusiones en calcita, mineral que genéticamente guarda estrecha relación con el cobre nativo y con mucha probabilidad es contemporáneo con éste, son relativamente bajas y menores que 64°C.

**Yacimiento El Salado.** Según el estudio de inclusiones este yacimiento es el de más alta temperatura de formación, del orden de 430°C a 250°C. En las inclusiones gaseoso-líquidas presentes en minerales de este yacimiento, son muy abundantes cubitos isótropos de halita (NaCl), los cuales se disuelven a temperaturas entre 200°C y 150°C, aún antes de que desaparezca la fase gaseosa. Inclusiones gaseosas de baja densidad y con muy poca cantidad de fase líquida encontradas en las muestras ST-4, ST-8, ST-10, ST-11 y ST-15 indican que las soluciones hervían al disminuir la presión. Cabe hacer notar que, en estos casos, las condiciones de presión y temperatura en el momento de la homogenización son cercanas a las condiciones de presión y temperaturas reales durante el proceso de formación de los minerales.

**Yacimientos del área de Santa Gracia.** Las inclusiones

T A B L A 2

Resultados de las determinaciones de presiones mínimas  
según estudio de inclusiones trifásicas gaseoso-líquidas  
con fases sólidas

Yacimiento	Mineral	Temperatura °C		Presión (bars)	Referencia
		Tgas	Tkr		
Yacimientos de cobre y fierro área de Santa Gracia, Chile	calcita, (muestra 297-2)	150	225	1200	Datos del presente trabajo
		152	222	1125	
		179	243	830	
		198	253	670	
	calcita, (muestra 297-3)	181	227	590	
		190	247	710	
197		218	260		
Buena Esperanza, Chile	calcita, (muestra 30-2)	110	130	315	Datos del pre- sente trabajo
		112	130	285	
El Salado de Catemu, Chile	cuarzo (muestra CT-8)	430	---	340	Datos del pre- sente trabajo
Cabeza de Vaca, Chile	cuarzo, berilo	440	---	325 (*)	(20)
		384	400	350 (*)	?
El Pamir, URSS	cuarzo	162	207	500	(10)
Modane, Francia	albita	150-170	300-330	2300	(24)
		125-200	300-375	2500	
Coronation, Canada	cuarzo	105-204	140-300	1640-2440(*)	( 1)
Bugdainsk, URSS	cuarzo	107-110	160-175	640-735	(11)
		102-110	345-350	2450-2550	
		355	390	390	
Shakhtama, URSS	cuarzo	220-250	303-315	730-930	(16)
		220-225	320-330	1080-1100	
		120-140	360-375	2250-2500	
Karyisk, URSS	turmalina	340-370	390-450	580-880	(13)
	scheelita	305-320	350-360	615	
	cuarzo	330-365	380-450	600-790	
		260-385	300-370	900	
Voronezh, URSS	cuarzo	315-400	500-525	750-2200(*)	(22)
Quezzanne, Marruecos	fluorita	120	205-225	750-2200(*)	(21)
Talseong Corea	cuarzo	202	254	650(*)	(7)
		162	277	1800(*)	

(\*) Estimación de presión hecha por los autores del presente trabajo

Tgas Temperatura de desaparición de la fase gaseosa

Tkr Temperatura de disolución de la fase sólida

en minerales provenientes de yacimientos del área de Santa Gracia fueron homogenizadas a temperaturas entre 405°C y 130°C y con sólo la fase líquida como resultante de la homogenización. Sin embargo, las temperaturas de homogenización más frecuentes están entre 370°C y 280°C. En muestras de calcita provenientes de yacimientos vetiformes de magnetita las temperaturas de homogenización fueron de 250°C a 220°C. En la muestra de calcita 271-4 se han encontrado inclusiones trifásicas con CO<sub>2</sub> líquido. La homogenización parcial de tales inclusiones se verifica entre 30°C y 27°C, obteniéndose CO<sub>2</sub> en fase gaseosa. Al aumentarse la temperatura se produce la explosión (decrepitación) de las inclusiones, aún antes de haberse alcanzado la homogenización completa. Este fenómeno es indicativo de altas presiones internas dentro de las inclusiones, mayores que 350 bars (Tugarinov y Naumov, 1970). En las inclusiones presentes en las muestras 271-3, 271-4 y 271-8 se observaron sólo uno o dos cristales, los cuales se disuelven completamente entre 280°C y 260°C; al enfriar las inclusiones los minerales disueltos cristalizan de nuevo.

#### Determinación de las presiones de formación

Sobre la base de los resultados obtenidos por Lemlein y Klevcov (1961) y por Ikornikova y Egorov (1968), en aquellos casos en que durante el calentamiento los minerales prisioneros (normalmente halita para el caso de las inclusiones estudiadas por nosotros) se disuelven completamente sólo después de haber desaparecido la fase gaseosa, es posible estimar la presión en el momento de la disolución completa de la fase sólida. El primer caso de determinación de la presión mediante este método es el del cuarzo de Pamir, descrito por Klevcov y Lemlein (1959). Los resultados obtenidos mediante la aplicación de este método en el estudio de minerales provenientes de algunos yacimientos cupríferos chilenos y de yacimientos de otras regiones del mundo se presentan en la Tabla 2.

Todas las inclusiones primarias presentes en las muestras de calcita 297-2 y 297-3 provenientes ambas del área de Santa Gracia contienen un cristalito isótropo de halita. La fase gaseosa desaparece a temperaturas entre 198°C y 144°C y los cristales de halita se disuelven a temperaturas entre 235°C y 218°C. Dentro del rango de temperaturas de disolución la concentración de sales (principalmente NaCl) en la fase líquida alcanza valores entre 32% y 35% en peso. A pesar de que se estudiaron varias decenas de inclusiones sólo se alcanzó la homogenización completa en ocho casos. En los restantes, las inclusiones se destru-

yeron por explosión antes de la disolución completa de la fase sólida. Este hecho revela la existencia de una alta presión en las inclusiones antes de producirse la desaparición de la fase gaseosa. Como se muestra en la Tabla 2, las presiones alcanzaron valores desde varias centenas de bars hasta 1100-1200 bars. En cambio, las presiones de formación de minerales hidrotermales de ganga en los yacimientos Buena Esperanza y El Salado fueron sólo del orden de 300 bars a 340 bars.

Los resultados alcanzados en el presente trabajo son compatibles con los recientemente entregados por Sillitoe y Sawkins (1971) para algunos yacimientos chilenos del tipo breccia-pipe y obtenidos también, mediante el estudio de inclusiones fluidas. Los mencionados autores concluyen que la formación de los minerales presentes en las chimeneas de brecha mineralizadas (incluidos calcopirita y bornita) tuvo lugar a partir de soluciones cloruradas con concentraciones entre 3% y 36% en peso de NaCl y bajo condiciones de temperaturas y presiones entre 440°C a 350°C y mayores que 325 bars respectivamente.

#### CONCLUSIONES

1. El estudio termométrico de inclusiones en minerales de ganga provenientes de algunos yacimientos cupríferos chilenos, demuestra que los yacimientos estratiformes se han generado dentro de un amplio rango de temperaturas: El Salado 430°C - 250°C, Buena Esperanza 195°C - 40°C. Las temperaturas de formación de los yacimientos tipo skarn del área de Santa Gracia, alcanzan valores entre 400°C y 220°C.
2. Los yacimientos estudiados se han originado a partir de soluciones hidrotermales cloruradas con alta concentración (hasta 35% en peso) y bajo presiones entre 300 bars y 1200 bars.
3. Los resultados obtenidos por medio del estudio de inclusiones, acerca de las temperaturas y presiones de formación y de la composición de las inclusiones indican junto con otras evidencias geológicas (ubicación de parte de la mineralización en estructuras discordantes conectadas con la mineralización estratiforme, alteración hidrotermal de las rocas encajadoras, relación de la mineralización con estructuras tectónicas, etc.), que los yacimientos estudiados de tipo manto, ubicados en coladas andesíticas y en rocas volcánico-sedimentarias interestratificadas, se han formado a partir de soluciones hidrotermales epigenéticas. El conjunto de estas evidencias permite descartar la po-

sibilidad de origen de estos yacimientos conectado con procesos singénéticos de la soldificación de las coladas de lava.

#### REFERENCIAS

- Arnold, R.G., Rutherford, M.J.**, 1960, Data for brine and carbon dioxide filled liquid inclusions in quartz veins from the Coronation mine: Geol. Survey, Canada paper, 5. (1)
- Carter, W.D.**, 1960, Origin of "manto" type copper deposits of the Cabildo mining district, Central Chile: Internat. Geol. Cong., 21 sess., Norden, Copenhagen. (2)
- , 1961, Yacimientos de cobre tipo manto. Su distribución en fajas mineralizadas, Provincia de Aconcagua: Inst. Invest. Geol., Bol. 10, 30 p. (3)
- Chávez, L.**, 1972, Metamorfismo de contacto en la serie volcánico-sedimentaria de Santa Gracia, Provincia de Coquimbo: Tesis, Univ. Chile, Fac. Cienc. Fís. y Mat., Santiago. (4)
- Ermakov, N.P.**, 1950, Issledovaniya mineraloobrazuyuschikh rastvorov: Izd. Charkov. univ. (5)
- Ikornikova, N.JU., Egorov, V.M.**, 1968, Experimentalnye PFC diagrammy vodnykh rastvorov chloridov Li, Na, K, Cs: En "Gidrotermalny sintez kristallov". Ed. NAUKA, Moscú. (6)
- Imai, H., Takenouchi, S.**, 1971, Report of the Japanese Committee on the inclusions in minerals: Jour. Mining Metall. Inst. Japan, v. 87, 1001, 546-560. (7)
- Kalyuzhnyi, V.A.**, 1958, Uovershenstvovannaia mikrotermokamera dlya analiza zhidkikh bklyuchenii. Trudy vsesoyuz. n. 1. piezosyrya, 2,2. (8)
- , 1965, Metody i rezultaty geobarometrii po gazovozhidkim vklyucheniiam: En "Mineralogicheskaya termometria i barometria". Ed. NAUKA, Moscú. (9)
- Klevcov, P.V., Lemmlein, G.G.**, 1959, Opreделение minimalnovo davleniya obrazovaniya kvarca na primere kristallov s Pamira.Zap. Vsesoyuz. mineral. ob, 88, 6. (10)
- Koltun, L.I., Piznyur, A.V.**, 1970, Rezultaty issledovaniya bklyuchenii v mineralnykh asociaciakh Bugadainskogo molibdenovo-polimetalicheskogo mestorozhdeniya: Mineralog. sbor. Lvovsk. gos. univ., 24, 3. (11)
- Lemmlein, G.G., Klevcov, P.V.**, 1971, Sootnosheniya osnovnykh termodinamicheskikh parametrov dlia chasti sistema  $H_2O-NaCl$ : Geokhimiya, 2
- Litvinov, V.L., Lyakhov, JU. V., Popivnyak, I.V.**, 1971, Fiziko-khimicheskie osobennosti formirovaniya Kariiskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya (Vostochnoe Zabaikalye) po vklyucheniya v mineralakh: Mineralog. sbor. Lvovsk. gos. univ., 25,2. (13)
- Losert, J.**, 1972, Alterations and associated copper mineralizations in the Jurassic volcanic rocks of the Buena Esperanza mining area (Antofagasta province, Northern Chile): in Colloq. sobre fenómenos de alteración hidrotermal y metamorfismo en rocas volcánicas e intrusivas. Dept. Geol. Univ. Chile, en prensa. (14)
- Nisterenko, G.V., Chávez, L.**, 1971, Génesis de yacimientos de cobre tipo manto de Chile, informe preliminar: Dept. Geol. Univ. Chile.
- Piznyur, A.V.**, 1970, Termodinamicheskoye uslovia formirovaniya mineralnykh asociacii molibdenovo-polimetalicheskogo mestorozhdeniya Shakhtama (Vostochnoe Zabaikalie): Mineralog. sb. Lvovsk. gos. univ., 24,2. (16)
- Ruiz, C.**, 1964, 1966, Metalliferous deposits of Chile: Internat. Geol. Cong., 22 sess., India (1964), Paris (1966). (17)
- Ruiz, C., Aguirre, L., Corvalán, J., Klohn, C., Klohn, E., Levi, B.**, 1965, Geología y yacimientos metalíferos de Chile: Inst. Invest. Geol., Santiago. (18)
- Ruiz, C., Aguilar, A., Egert, E., Espinosa, W., Peebles, F., Quezada, R., Serrano, M.**, 1971, Stratabound copper sulphide deposits of Chile: Soc. Mining Geol. Japan, Spec. issue, 3, (Proc. IMA-IAGOD Meetings, 70, IAGOD v.)
- Sillitoe, R.H., Sawkins, F.J.**, 1971, Geologic, mineralogic and fluid inclusion studies relating to the origin of copper-bearing tourmaline breccia pipes, Chile: Econ. Geology, v.66,7 (20)
- Touray, J.C., Sabouraud, C.**, 1970, Metastable inclusion brines in fluorite from Quezanne: Econ. Geology, 65, 2. (21)
- Trufanov, V.N., Vasilenko, V.N.**, 1970, O termodinamicheskikh usloviakh formirovaniya postmagmaticheskikh obrazovaniy v porodakh kristallicheskogo fundamenta yugo-vostochnogo sklona Boronezhskoi anteklizi: En "Geol. territorii Nizhn. Dona i tekhn. geol. rabot Rostov na Donu", Rostov. (22)
- Tugarinov, A.I., Naumov, V.G.**, 1970, Zavisimost temperatur dekreptacii ot sostava gazovozhidkikh vklyuchenii o ot prochnosti mineralov. Dokl. AN. SSSR, 195, 1. (23)
- Yajima, J., Touray, J.C.**, 1967, Les inclusions fluides d'albites de la region de Modane: Soc. française minéralogie et cristallographie Bull. XC, 3. (24)