

UN NUEVO TIPO DE MINERALIZACION SULFUROSA EN CUBA

**A. Lisitsin
E. Muliukov
A. Linchenat**

**Ministerio
de
Mineria**



Edición a cargo de: Georgina D. Cuervo
Cubierta de: Alejandro Luis

Instituto Cubano del Libro, 1971

UN NUEVO TIPO DE MINERALIZACIÓN SULFUROSA EN CUBA

A. Lisitsin
E. Muliukov
A. Linchenat

La provincia de Pinar del Río, que ocupa la parte occidental del territorio de la República de Cuba, desde tiempos remotos está considerada como la primera región cuprífera en el país. Aquí, entre los depósitos areno-esquistosos del Mesozoico, se localizan numerosas manifestaciones minerales y los yacimientos de cobre, cuprífero-piríticos, y pirito-polimetálicos explotados anteriormente; entre ellos, el yacimiento cuprífero de Matahambre, único en su género, descrito más de una vez en la literatura geológica. En las condiciones de hipergénesis tropical, los yacimientos sulfurados sufrieron un intemperismo químico muy intenso con la formación de rocas limonitizadas y limonitas en la superficie de las zonas.

El intenso desarrollo de las zonas ferritizadas, situadas en condiciones geológico-estructurales favorables para la localización de la mineralización sulfurada en la provincia de Pinar del Río, sirvió de base para el desarrollo (después de la revolución, año 1961) de las investigaciones geológicas planificadas con fines de búsqueda de nuevos yacimientos industriales de cobre. El considerable volumen de los trabajos de búsqueda — levantamiento con la aplicación de complejos métodos geofísicos y geoquímicos, fue realizado por el Instituto Cubano de Recursos Minerales*.

* Actualmente Empresa Consolidada de la Minería.

Como resultado de los trabajos, se reveló una nueva zona mineralífera perspectiva, que se extiende a lo largo de la costa noroccidental de la Isla de Cuba por más de 70 km. En la parte nororiental de esta zona, por debajo de las limonitas, fueron descubiertas menas polimetálicas (yacimientos Castellano y Santa Lucía), y en la parte sudoccidental, depósitos cobre-piríticos (yacimientos Hierro, Unión I, II y otros).

Por el volumen de la mineralización, profundidad de los procesos hipergénicos, asociación paragenética de elementos minerales (Cu, Zn, Ge, Ga, Co) y por su grado de concentración, el más importante de todos resulta ser el yacimiento Hierro (Mantua).

Este último está situado en la parte noroccidental de la provincia de Pinar del Río, a unos 25 km al norte de la ciudad de Guane. Aunque el yacimiento Hierro todavía no está bien estudiado, algunos datos que se ofrecen a continuación, podrán tener considerable interés para los especialistas que estudian los yacimientos sulfurados.

SITUACIÓN DEL CAMPO MINERAL HIERRO EN LA ESTRUCTURA REGIONAL PINAR DEL RÍO

El yacimiento Hierro está asociado a la extremidad suroeste del meganticlinorio de Pinar del Río. Esta gran estructura de la región geosinclinal Meso-cainozoica de Cuba

de dirección noreste, se compone de dos levantamientos de anticlinorio: septentrional y meridional, separados entre sí por el sinclinorio Viñales. Los levantamientos están compuestos por rocas areno-esquistosas del Jurásico Inferior y Medio pertenecientes a la formación San Cayetano. En la extensión del sinclinorio afloran las calizas del Jurásico Superior. En la parte litoral (noroccidental) de la región, los depósitos del Jurásico soportan a las formaciones efusivo-sedimentarias del Cretácico Superior.

Los yacimientos y manifestaciones sulfurosas se desarrollan principalmente en los límites del levantamiento septentrional (del norte de Pinar del Río) y se localizan en las zonas extremas del norte y del sur (Fig. 1). La zona del Sur, a la cual están asociados los yacimientos sulfurosos Dora, Francisco, Matahambre y Mono, fue estudiada más detalladamente por investigadores anteriores (Reppelbaker 1944, Laverov y otros, 1967).

Ella representa, de por sí, una zona de fractura profunda, situada en la articulación de dos estructuras geológicas diferentes: el levantamiento septentrional de Pinar del Río y el levantamiento del sinclinorio Viñales. En esta zona se observa una serie de dislocaciones disyuntivas de dirección noreste acompañadas por fracturas transversales.

Las fallas controlan la localización de las intrusiones de ultrabasitas que se extienden linealmente y a los diques de gabro, dioritas, y porfiritas dioríticas y diabásicas. En las áreas de manifestación más intensa de las dislocaciones disyuntivas y plicativas y en la conexión de las fallas longitudinales y transversales, se observa un desarrollo máximo de los procesos hidrotermales y de la mineralización sulfurosa asociada.

Las particularidades estructurales de la zona septentrional que encaja en la parte suroeste del yacimiento Hierro y que se observa a lo largo del flanco noroeste del anticlinorio Pinar del Río hacia el yacimiento Castellano, están poco estudiadas todavía. Lo común para esta zona tectónicamente debilitada (zona Hierro-Castellano) es el amplio desarrollo de grandes dislocaciones disyuntivas principalmente con rumbo nordeste,

según la estructura general del meganticlinorio. Son características, también, las rupturas submeridionales y sublatitudinales así como las flexiones plicativas. Los cuerpos pequeños de hiperbasitas, gabroides y los diques subparalelos de porfiritas diabásicas y dioríticas y, probablemente, las rocas efusivas de composición básica y media, se caracterizan por las dislocaciones disyuntivas prolongadas.

La particularidad de las deformaciones plicativas consiste en la complicación de las estructuras regionales plegadas de dirección noreste por las flexuras locales, pliegues estrechos y prolongados linealmente y, muy a menudo, invertidos. Ante todo, esto se refiere a las áreas de articulación de las dislocaciones disyuntivas de diferente dirección, donde se revelan las formaciones de diques.

Las áreas más dislocadas de la zona Hierro-Castellano han sido los lugares más favorables para la localización de mineralización sulfurosa. A ellas están asociados todos los campos minerales conocidos (Brooklin, Unión, Hierro, Castellano).

Un papel importante en el control de la mineralización lo desempeña el medio encajante, que se diferencia por la estructura litológica muy variada dentro de los límites del campo.

Las rocas metamórfico-sedimentarias desarrolladas en la región del yacimiento Hierro, que se refieren a la formación San Cayetano (J₁₊₂) Judoley, Furrázola y otros, 1964), podemos dividir las en tres complejos que sobresalen ostensiblemente por su composición y posición estructural (de abajo hacia arriba) a) areniscas cuarzosas de grano fino y medio con intercalaciones de esquistos arenosos y de cuarcitas estratificadas b) exfoliadas, a veces calizas bituminosas finamente estratificadas y esquistos carbonatados con restos de radiolarios c) areniscas cuarzosas y polimícticas de diferentes granos que se interestratifican con esquistos finamente silíceos-estratificados, cuarzo-sericita-cloríticos y rocas efusivas esquistosas (?).

Según algunos autores, los complejos de rocas descritos en los límites del campo mineral Hierro son formaciones de diferentes

edades. Si los depósitos arenisco-esquistos del complejo inferior pueden ser referidos a la formación San Cayetano (J_{1+2}), las calizas del complejo medio y las rocas terrígenas estratigráficamente suprayacentes tienen, posiblemente, una edad más joven que corresponde al Jurásico Superior (J_3) y Cretácico (?).

En general, la posición estructural del campo mineral Hierro se determina por su localización en una zona especial y tectónicamente debilitada, que controla el desarrollo de las formaciones metamórfico-sedimentarias magmáticas de diferentes edades a lo largo del límite del levantamiento septentrional de Pinar del Río. La extensión considerable de esta zona mineralizada (más de 70 km), las favorables condiciones estructurales y litológicas y la presencia en sus límites de grandes aglomeraciones de menas sulfurosas complejas, sirven de base para considerarla como una de las zonas de perspectivas más claras de Cuba.

CARACTERÍSTICA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL YACIMIENTO HIERRO Y MORFOLOGÍA DE LOS CUERPOS MINERALES

En el área del yacimiento Hierro están desarrolladas las formaciones estratificadas de los complejos medios y superiores metamórfico-sedimentarios (Fig. 2).

Las partes inferiores del corte están representadas por calizas bituminosas finamente estratificadas, a veces macizas, del Jurásico Superior con intercalaciones de poco espesor de esquistos calcáreos. El espesor de las rocas carbonosas del yacimiento sobrepasa los 300 m. Más arriba, yacen aleurolitas y argilitas finamente estratificadas que se alternan con areniscas cuarzosas y polimícticas esquistos cuarzo-cericíticos y rocas (efusivo-esquistosas (?)).

Su espesor visible alcanza 200 m o más. Los contactos entre las rocas carbonosas y terrígenas, en su mayoría, son tectónicos, acompañados por zonas de brechas y milonitas.

De las formaciones magmáticas, en el yacimiento se encuentran porfiritas diabásicas y

dioríticas representadas, principalmente, por diques, cuerpos parecidos a diques y más raramente por intrusiones de forma compleja, que dependen del carácter de las dislocaciones disyuntivas plegadas. A veces las rocas magmáticas componen depósitos asociados a las areniscas y esquistos. En estos casos presentan particularidades estructurales de las rocas ígneas. El espesor de los cuerpos intrusivos varía desde unos pocos metros hasta 30—40 m.

Las partes centrales de los cuerpos más potentes son representadas por variedades mal cristalizadas de diabasas de granos finos en la periferia y, a menudo, presentan la masa básica vítrea. Esto último es característico también para los cuerpos de poca potencia.

La secuencia de las rocas sedimentario-metamórficas sigue una dirección general noreste (30—40°) predominando en los mantos el buzamiento noroeste bajo un ángulo de 30—50°. En algunos sectores, las rocas están dislocadas más intensamente. Así, en el centro del yacimiento, se destaca un estrecho sinclinal que pasa al noroeste a un anticlinal más suave. El largo de los pliegues es 1 200—1 300 m, y el ancho 100—150 m. Los ángulos de buzamiento de las rocas, en los límites del sinclinal, alcanzan 80—85°; más raramente se observa la inversión de las capas.

Las estructuras plegadas del yacimiento están complicadas por el sistema de dislocaciones disyuntivas asociadas, diagonales y transversales, referente a su extensión. Según la edad de la formación, se destacan entre ellas: preminerales, intraminerales y postminerales.

La dislocación disyuntiva más grande que desempeñó el papel principal en la formación de las estructuras del área y del control de la mineralización, es la fractura premineral de rumbo nordeste denominada por nosotros como la "fractura Principal". Su plano está inclinado en ángulo de 40—50° en dirección noroeste. La fractura se manifiesta en forma de una zona de intenso brechamiento y milonización de las rocas, con espesor de unos 40 m. Los movimientos menudos que se efectuaron a lo largo de esta zona contribuyeron

Fig. 1. Esquema de la distribución de los yacimientos sulfurosos en la provincia de Pinar del Río.

1. Estructuras geológicas básicas: I - meganticlinorio de Pinar del Río. (I_1 - levantamiento norte I_2 - levantamiento sur I_3 - sinclinorio de Viñales II - sinclinorio de San Diego de los Baños III - zona plegada de Bahía Honda 2. Ejes de los anticlinorios y sinclinorios 3. Rupturas principales 4. Zonas minerales (N - norte, S - sur) 5. Yacimientos principales de menas sulfurosas (1 - Unión Brooklin 2 - Hierro 3 - Castellano 4 - Santa Lucía 5 - Matahambre 6 - Cuerpo 70, 7 - Mono 8 - Júcaro 9 - Buena Vista) 6. Yacimientos pequeños y manifestaciones minerales.

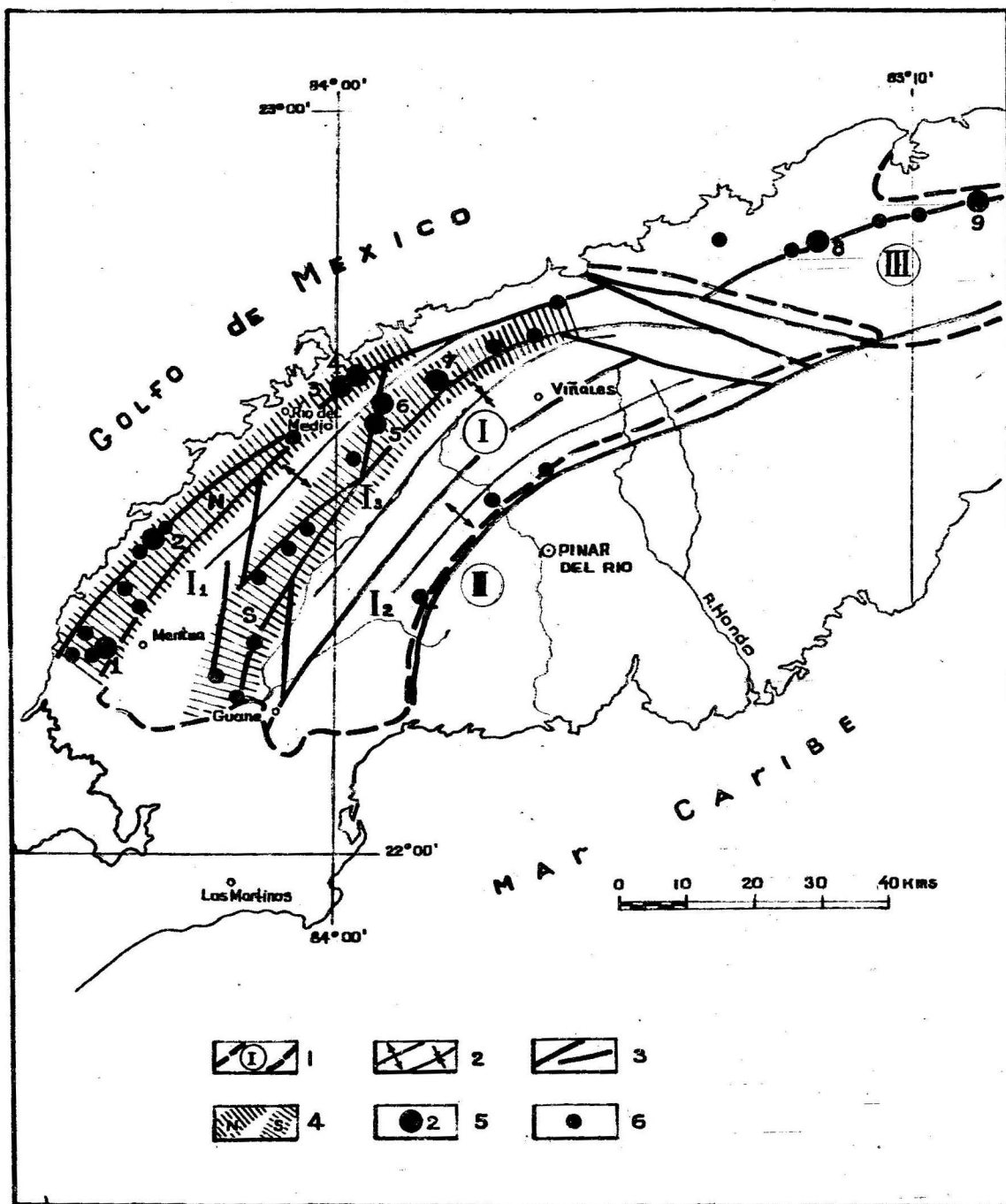
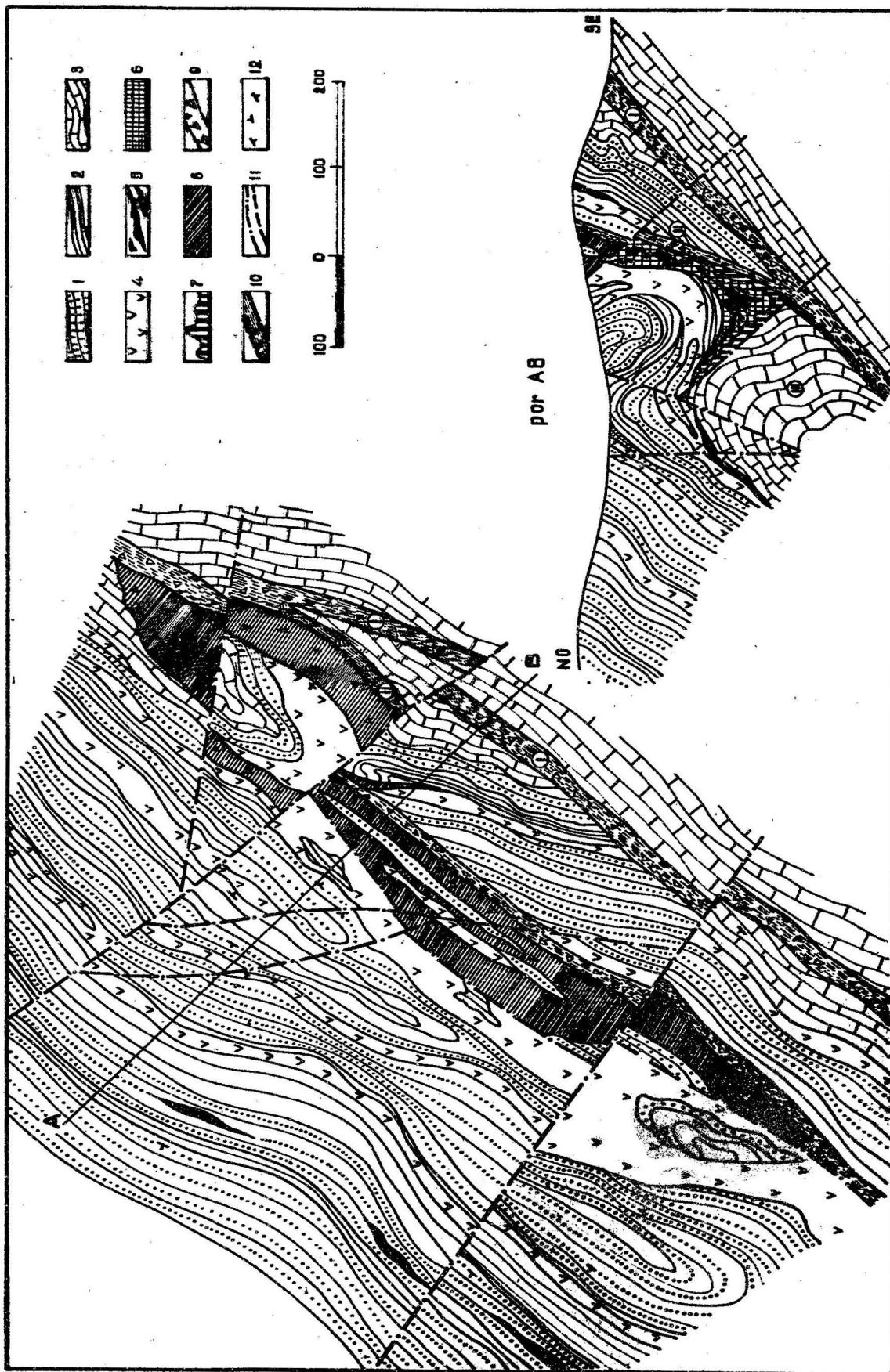


Fig. 2. Esquema de la formación geológica del yacimiento Hierro (según E. Muliukov).

1. - areniscos cuarzo - feldespáticas - Cr (?) **2.** - esquistos cuarzo - serícito - cloríticos, argillitas, aleurolitas - Cr (?) **3.** calizas bituminosas de capa fina con intercalaciones de esquistos calizo - carbónicos - J₃ (?) **4.** porfiritas diabásicas **5.** menas sulfurosas primarias **6.** menas sulfurosas de enriquecimiento secundario **7.** menas sideríticas con cinc **8.** menas limoníticas **9.** brechamiento de las rocas **10.** milonitización, estratificación **11.** dislocaciones disyuntivas postminerales: manifiestas, supuestas **12.** elementos de yacencia.



a la intrusión de porfiritas diabásicas y a la manifestación de los procesos hidrotermales de varias etapas.

Del lado pendiente, la fractura está acompañada por una serie de dislocaciones disyuntivas subparalelas y brascas ($55-80^\circ$) a lo largo de planos, cuyas rocas aparecen como intensamente brechadas y esquistosas.

Estas dislocaciones son estructuras básicas encajantes del mineral. Las particularidades de la composición las podemos ver en el ejemplo del corte transversal representado en la figura 2. Aquí, en el lado yacente de la fractura Principal, se desarrollaron las calizas bituminosas de estratificación fina; en el lado pendiente se diseminaron las formaciones terrígenas (areniscas, esquistos) y las porfiritas diabásicas. En la parte inferior del corte se manifiesta el bloque de calizas macizas brechosas, acunadas a lo largo del plano de la dislocación principal. Como resultado, las formaciones terrígenas y las porfiritas diabásicas que las rompen y traspasan, se encontraron como "apretadas" entre los bloques de calizas por un lado y los planos de las dislocaciones disyuntivas, por otro.

Numerosos movimientos que se efectuaron a lo largo de las dislocaciones y que fueron acompañados por las dislocaciones de algunos bloques, determinaron la complicación de los elementos plegados (sinclinal, "apretado", volcado) y el intenso brechamiento de las rocas.

Naturalmente, tal área resultó una "trampa" estructural preparada tectónicamente para el depósito en su seno, del material mineral de las soluciones hidrotermales que ascienden por la zona debilitada por la falla.

A esta área está asociado el cuerpo mineral principal del yacimiento Hierro.

La morfología del cuerpo mineral se determina por el carácter de la combinación de las estructuras plegadas con las dislocaciones disyuntivas. Una parte del cuerpo mineral que aflora y que está controlada por las dislocaciones tectónicas, representa, por sí misma, una zona alargada en forma de *stockwork* con un espesor de 40 a 80 m, que se extiende por unos 1 000 m.

El espesor de algunas áreas industriales que se destacan en los límites de esta zona mineralífera varía entre 5-10 y 30-50 m.

En los horizontes más profundos se observa un cambio brusco en la morfología del cuerpo mineral. Esta última adquiere carácter de depósito en "silla", con espesor bruscamente aumentado (hasta 80-100 m) en el sitio exacto de la flexura sinclinal.

Semejante forma del cuerpo mineral, por supuesto, está determinada por el sinclinal, aquí mapeado, aunque no depende totalmente de éste.

Reviste gran interés el hecho de que la mineralización en este sector se asocie al lugar de conjugación de las dislocaciones disyuntivas de distintas direcciones, donde suelen observarse los procesos más intensos de fracturación y brechamiento de las rocas. Por todo ello es este el sector que cuenta con las condiciones necesarias para la formación de un *stockwork* bastante grande de forma bien determinada, que servirá, más tarde, de estructura favorable para la formación de la "columna" mineral enriquecida.

En la medida en que se efectuó el traspaso de la mineralización del pliegue sinclinal al anticlinal, sus escalas se redujeron considerablemente, y en la zona de la flexura anticlinal, el espesor del cuerpo mineral no sobrepasa, generalmente, unos cuantos metros. Los cuerpos minerales localizados directamente en la zona de la fractura Principal, tienen una morfología distinta. El plegamiento considerable de las rocas, su plasticidad relativa (calizas, esquistos calcáreos) y la falta de agrietamiento fuerte, condicionaron la formación de segregaciones lenticulares y vetíticas que yacen concordantemente con la dirección general de la zona de milonitización.

El espesor de las lentes más grandes no sobrepasa 1-1,5 m. En algunos casos alcanza 5-6 m. Como regla general, ellas tienden al contacto con el cuerpo de diabasa en forma de dique asociado a la zona de fractura.

Más raramente se observan lentes de menas sulfurosas formadas por medio de la sustitución metasomática de las intercalaciones de rocas carbonáticas que se encuentran alejadas de las diabasas.

La mayoría de las dislocaciones disyuntivas descritas, que condicionaron la formación de las estructuras preminerales, son perdurables. Las mismas se activaron más de una vez, tanto en el período de formación mineral como después de éste. Así lo demuestra la trituración de la mena y el traslado de algunas partes del cuerpo con respecto a otras, a lo largo de estas dislocaciones. Con su activación en el período postmineral se forman otras grandes dislocaciones disyuntivas, orientadas a menudo transversalmente, al rumbo de los cuerpos minerales (Fig. 2). A lo largo de tales dislocaciones transversales, se observa el traslado de los bloques de rocas por unos 100 m en sentido horizontal y 70 m en el vertical.

Las dislocaciones postminerales desempeñaron un papel importante en la dirección e intensidad de los procesos hipergénicos postminerales, conjuntamente con los factores generales geológico-geomorfológicos que llevaron a la formación de grandes y ricos depósitos de menas sulfurosas secundariamente enriquecidas.

PARTICULARIDADES DE LA MANIFESTACIÓN DE LOS PROCESOS HIDROTERMALES

Según los datos obtenidos, la formación del yacimiento se efectuó durante algunas etapas que se manifestaron en la cuarcificación, cloritización, seritización y carbonatización de las rocas encajantes y en la mineralización sulfurosa.

Los procesos metasomáticos-hidrotermales se acompañaron por la formación de un complejo de varios elementos.

Los componentes minerales principales que se acumulan en las concentraciones industriales son: cobre, azufre (sulfuroso), germanio, galio y cinc.

En cantidades elevadas están presentes constantemente cobalto, fósforo y a veces plomo; también se manifiestan: Cd, As, Ag, Mo, W, Sn, Be.

La composición mineral de las menas se caracteriza por su amplia variedad. La lista general de los minerales conocidos hasta aho-

ra, incluyendo los hipergénicos, contiene más de 50 nombres. Los minerales metálicos primarios están representados principalmente por: pirita, calcopirita, pirrotina y esfalerita; observados en cantidades pequeñas: galenita, pentlandita, arsenopirita, menas grises renierita, germanita, galita. Entre los materiales filonianos se desarrollan: cuarcita, clorita, sericita, carbonatos (calcita, siderita, dolomita), yeso, y más raramente moscovita, hidromoscovita y fluorita.

La presencia en el yacimiento de minerales de diferentes grupos geoquímicos y las relaciones recíprocas observadas entre algunas asociaciones minerales, demuestran que el proceso de formación mineral se produjo irregularmente y durante largo tiempo.

Las observaciones de campo de los autores y el estudio microscópico de las menas realizado por T. A. Tvalcherelidze* y C. Holmgren, permiten establecer, de antemano, cuatro etapas principales en la formación.

El acompañante constante del cuarzo es la pirita, que forma una diseminación escasa pero regular en las rocas. En este período, se sometieron a una cuarcificación más considerable las menas que se desarrollan en la tabla alta de la fractura Principal. Gracias a esto, se aumentó considerablemente su friabilidad, lo que trajo como consecuencia que fueran sometidas a trituración más intensa durante los movimientos tectónicos posteriores.

Etapla cuprífero-pirítica. Su mineral único o casi único y principal es la pirita. Con ella se forma una cantidad insignificante de cuarzo y de sulfuros, tales como calcopirita y esfalerita, cuyos desprendimientos raros y pequeños se observan a veces en los granos holocristalinos de pirita.

Los movimientos tectónicos que precedieron a la deposición de los minerales de la segunda etapa, tuvieron lugar a lo largo de la zona de la fractura Principal y de las dislocaciones disyuntivas abruptas conjugadas. Los procesos transcurridos en la zona de la falla provocaron una trituración de las rocas

* T. A. Tvalcherelidze determinó por primera vez en las menas del yacimiento, minerales relativamente raros como renierita, germanita, vavelita, delafocita, turquesa, mongeimita, pirolusita y otros.

y su brechamiento estratificado está poco desarrollado. Esto llevó a su vez a la formación de pequeños cuerpos piríticos (0,2-1 m) en forma de lentes e intercalaciones metamórficas sustituidas por pirita que están estrictamente orientadas en dirección a las zonas de milonitas. La pirita en semejantes cuerpos está representada por cristales pequeños que forman una disseminación densa, pero fina y pulverizada, que "impregna" algunas franjas y zonas lenticulares encorvadas, cuyos contornos dependen de la estructura general de las rocas. En las rocas de cuarficación más friables, que yacen en la tabla alta de la falla, la deposición de pirita, se produjo principalmente en las fracturas y oquedades.

Como resultado, en las áreas de trituración más intensa, surgieron zonas de *stockwork* y cuerpos en forma de veta.

El principio de la tercera etapa (clorito-cuprífero-polimetálica), se caracteriza por la renovación de la actividad tectónica del área como manifestación de las tensiones en direcciones que coinciden con los movimientos del período anterior. Todas las asociaciones minerales formadas anteriormente fueron fracturadas, trituradas por sectores, trasladadas y a veces "apartadas" a lo largo de los planos del movimiento (Fig. 3a).

Al mismo tiempo, se observa su sustitución posterior, cementación, y atravesado por los minerales de la tercera etapa.

El carácter polimetálico de esta última etapa se caracteriza por el conjunto de minerales siguientes: pirita, calcopirita, pirrotina, galenita, menas grises, germanita, renierita y galita.

El orden según el cual se enumeran, refleja, en rasgos generales, el período de su deposición de las soluciones. Durante esta etapa se formaron magnetita, ilmenita y esfena. Entre los minerales no metálicos son característicos: clorita, cuarzo carbonatado (dolomita, calcita), sericita.

La particularidad específica de la tercera etapa la constituye la segregación de sulfuros, que precedió a los procesos de cloritización y probablemente, a los de carbonatización (dolomitización y calcitización) de las rocas.

Testigo elocuente de esto último, resulta la sustitución de la clorita por sulfuro (pirita) que se produjo en esta etapa.

La pirita, componente principal de la asociación mineral con respecto a su extensión, está representada por desprendimientos colomórficos-estratificados a menudo en forma de lentes alargados, encorvados y torcidos.

Durante la etapa descrita, predominó cuantitativamente la calcopirita (si se exceptúa la pirita); la asociación pirrotino-esfalerita está menos desarrollada en el complejo mineral representado por el conjunto siguiente: galenita-mineral gris, renierita-germanita-galita. De acuerdo con la edad de su formación, el primer grupo es algo más antiguo que el segundo. En la distribución de los componentes minerales principales se observan las particularidades siguientes: la calcopirita y la esfalerita forman, a menudo, grandes segregaciones independientes, a veces monominerales; al mismo tiempo, la germanita, galita y renierita están estrechamente relacionadas entre sí, manifestándose constantemente, junto con el mineral gris, la calcopirita y esfalerita (probablemente de generaciones más tardías).

En el sentido espacial, la mineralización de cobre, germanio y polimetales se desarrolla espacialmente en los límites de la localización de las areniscas, esquistos y más raramente en los de las porfiritas diabásicas. Dichas mineralizaciones rellenan muchas fisuras en las rocas y cavidades más grandes y entreabiertas en las zonas de dislocaciones disyuntivas conjugadas con la fractura Principal.

A veces se observa el enriquecimiento de las zonas de contacto del bloque superior de calizas por los elementos dispersos. En general, la mineralización cuprífera no se observa fuera de las formaciones terrígenas (en la tabla baja de las dislocaciones).

Las rocas brechosas, esquistas y trituradas a lo largo de las fallas sirven de límite natural de los cuerpos minerales del lado yacente.

Del lado pendiente, los cuerpos minerales se limitan por la zona de rocas terrígenas y de porfiritas diabásicas incluidas entre

ellas y que desempeñaron un papel de pantalla con respecto a las soluciones metalíferas (Fig. 2).

De este modo, aparece un control determinado litológico-estructural de la localización espacial de la asociación mineral principal del yacimiento.

Con la formación de esta última etapa se termina en realidad el proceso mineral.

La cuarta etapa es culminante y está determinada por las manifestaciones de numerosas venillas cuarzo-calcíticas (a veces con fluorita) de pequeño espesor (hasta 10 cm). En dichas venillas son raramente observables pequeñas segregaciones de sulfuros. Un lugar especial en esta etapa lo ocupan la anhidrita y el yeso, que se desarrolló junto con esta. Ambos minerales son más jóvenes que los demás, aun cuando se desarrollaron conjuntamente con el carbonato que, probablemente, estuvo formándose durante todo el período.

Las venillas cuarzo-calcíticas se desarrollan espacialmente en todas las rocas del yacimiento, sin excepción, cortándolo bajo distintos ángulos y cementando todos los complejos minerales antes formados (Fig. 3b, c, d).

De otra forma se comportan la anhidrita y el yeso. Su desarrollo se limita a las intercalaciones de calizas y esquistos carbonatados de la zona de milonitas que acompañan a la fractura Principal; suelen manifestarse en forma de material de cementación.

El espesor de las áreas de desarrollo de estos materiales alcanza un máximo de 2-3 m y a veces más.

Llama la atención la presencia constante en las menas, de los siguientes elementos: Mo, W, Sn, Be. Esto es un indicio de las posibles manifestaciones de la etapa postsulfúrica relacionada con la activación de focos magmáticos, ácidos más tardíos (granitos).

Al parecer, en este período se produjo la formación de venillas cuarzo-carbonosas que contienen moscovita y fluorita y que se incluyen en la cuarta etapa del proceso mineral general.

PROCESOS DE OXIDACIÓN Y DE ENRIQUECIMIENTO SULFUROSO SECUNDARIO

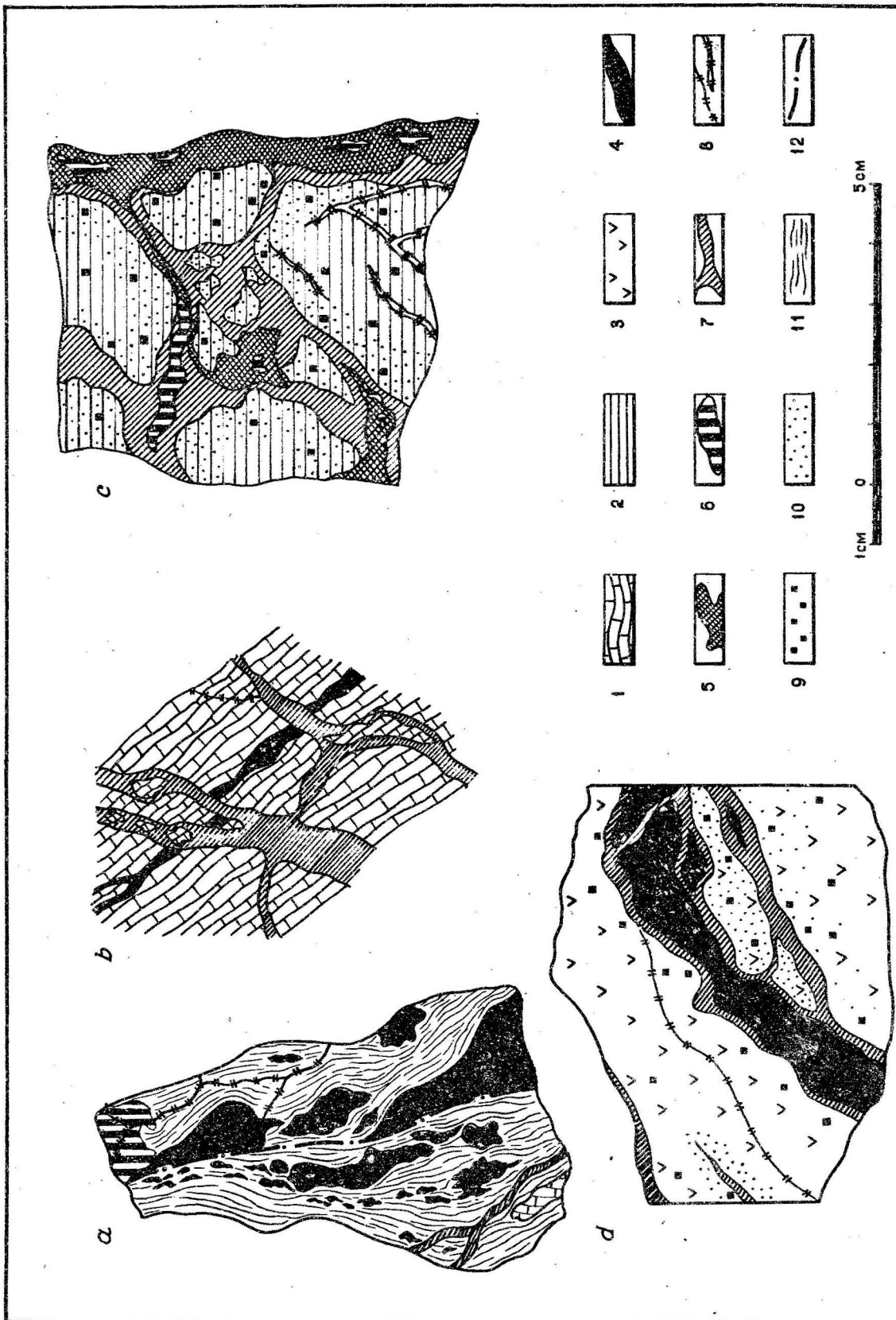
El yacimiento Hierro se distingue de otros yacimientos sulfurosos de Cuba. Se caracteriza por las manifestaciones intensas de los procesos exógenos y por la acumulación de altas concentraciones de cobre, germanita, galita y a veces, cobalto, en las formaciones hipergénicas. La profundidad general de elaboración de las zonas por los procesos exogenéticos, llega a 150-180 m de la superficie actual. La otra particularidad del yacimiento es la zonalidad vertical, relativamente bien expresada. Se distinguen las siguientes zonas: de oxidación, de enriquecimiento sulfuroso secundario y de menas sulfurosas primarias. Los límites entre zonas se expresan distintamente: además del cambio brusco se observan transiciones de una a otra dentro de las zonas intermedias, "mezcladas".

1. La zona de oxidación en forma de "sombrero de hierro" bien expresado, se observa a lo largo del afloramiento del cuerpo mineral principal por más de 1 000 m. Su espesor vertical no es constante y fluctúa entre 15-20 y 50-60 m en función de la composición principal de las rocas y menas encajantes, su grado de agrietamiento y las condiciones geomorfológicas. Estos factores determinan la composición mineralógica complicada de la zona, que es también inconstante en diferentes partes.

Los minerales principales de la zona de oxidación son: hidróxidos de hierro (goethita, hidrogoethita, hematita, hidrohematita), y también silicatos (calcedonia, silíceo) y óxidos de manganeso. En los horizontes más profundos aparecen los óxidos de cobre (cuprita, tenorita) y cobre nativo. Están menos extendidos los carbonatos, silicatos y fosfatos de cobre (crisocola, malaquita, azurita, turquesa); de cinc (smithsonita ?); de plomo (cerucita, hinsdalita); de hierro (siderita); raramente los de estroncio (svanbergita). Según los datos del análisis espectral, en la zona se presentan constantemente, en cantidades elevadas, Ge, Ga, P, Mr, y a veces As, V, Cd, Co. En la distribución de los

Fig. 3. Relaciones entre las asociaciones minerales de las diferentes etapas de la formación mineral.

1. calizas bituminosas de estratificación fina 2. esquistos silíceos 3. porfiritas diabásicas 4. menas piriticas 5. segregaciones de pirita - pirrotina - esfalerita 6. segregaciones de calcopirita 7. vetitas de cuarzo - carbonatadas 8. vetitas de calcita más reciente 9. sulfurización de las rocas encajantes 10. cuarcificación 11. milonitización 12. rupturas por cizallamiento y espejos de deslizamiento y arcilla tectónica.



minerales se observa una determinada regularidad.

Los minerales de hierro que representan las menas limoníticas, están desarrollados por todas partes. Entre ellos se destacan las variedades macizas, compactas, fluidas y terrofrías con estructuras cristalinas, colomórficas, zonales y festoneadas.

Las limonitas son cavernosas. Las paredes de las cavernas están compuestas por variedades compactas de limonitas; las partes interiores son friables.

Entre las limonitas friables se encuentran: jaboncillos de malaquita, azurita, turquesa, cuprita, tenorita y también residuos de sulfuros no descompuestos (pirita, pirita-melnicovita); óxidos de manganeso y jarosita. Los minerales de tierra roja, aunque se extienden por todas partes, se desarrollan efectivamente en el lado yacente del depósito mineral, donde ellos forman cuerpos alargados que son muy resistentes a los procesos posteriores de intemperismo. Con mayor frecuencia, estas zonas se asocian los minerales secundarios de cobre, cinc, plomo, que, en general, se encuentran raramente en la superficie.

Las porfiritas diabásicas, desarrolladas en los contornos del "sombrero de hierro", están sometidas a una intensa caolinización (hasta la formación de arcillas caoliníticas compactas). Las limonitas están representadas en general por variedades friables; también se desarrollan ampliamente los minerales metálicos y sus óxidos. Según los datos de los análisis químicos, el contenido de cobre, cinc, plomo, germanio, fósforo, manganeso, aumenta en tales áreas, en ocasiones, hasta un máximo de 10 veces en comparación con su concentración general, más baja en las menas de limonita.

A la acumulación y conservación de los elementos metálicos contribuye, al parecer, la alta posibilidad de absorción de los minerales arcillosos que se desarrollan en las porfiritas. Dichas áreas revisten un interés extraordinario respecto al germanio, galio, plomo y estroncio, pues sus concentraciones son a veces mayores que en la zona de cementación de las menas primarias.

El germanio y el galio se concentran, en estas áreas caolinizadas, en el mineral hinsdalita y pocas veces en la svanbergita (fosfatos de plomo y estroncio). El contenido de estos elementos llega a ser de 0,3% o más.

El germanio, en contraposición con otros elementos (excepto hierro), se acumula por todas partes en la zona de oxidación. En relación con esto, el "sombrero de hierro" del yacimiento Hierro representa un tipo específico de menas germano-ferrosas, cuya posibilidad de utilización para la industria se debe tener en cuenta.

La distribución de los minerales principales en la zona de oxidación verticalmente es la siguiente:

El hierro es el componente principal de la zona; tiene sus mayores concentraciones (más de 40-45%) en la parte superior del "sombrero de hierro". Está representado por limonitas compactas macizas. En la medida en que se produce el paso de estas últimas a variedades menos compactas y después a otras friables, que son características para los horizontes inferiores de la zona de oxidación, el contenido de hierro se reduce hasta un 15-20%.

El cobre está casi por completo lixiviado en las partes superiores de la zona de oxidación, excepto en algunas áreas mencionadas anteriormente.

El contenido, en términos medios, no sobrepasa 0,3%. Con la profundidad, la concentración aumenta hasta 0,5-1% y en las partes inferiores de la zona, se aumenta bruscamente por la presencia de minerales secundarios tales como cuprita, tenorita y cobre nativo. Sin embargo, estas zonas se refieren, por lo visto, al horizonte de transición entre la zona de oxidación y la de cementación. Esto se confirma por la presencia constante de los minerales de la zona de enriquecimiento sulfuroso secundario (calcosina y covelina). A veces, los minerales oxidados de cobre se encuentran en los horizontes más profundos del yacimiento (hasta 150-180 m) en cantidades considerables, pero en estos casos se concentran a lo largo de las grandes dislocaciones postmi-

nerales, y forman con la calcosina pilares minerales enriquecidos.

El cinc se elimina casi por completo del "sombrero de hierro" y sólo en sus partes inferiores se observan algunas concentraciones que a veces revisten interés práctico (hasta 5-6%). Una cantidad considerable del mismo se elimina fuera de los límites de los cuerpos minerales junto con el hierro y se deposita con la siderita, recientemente formada en el lado yacente o en zonas debilitadas situadas cerca del contacto con las calizas.

Los depósitos independientes de smithsonita no se pueden formar en estas condiciones. Esto se explica, por supuesto, por el bajo contenido de cinc en las menas sulfurosas primarias.

Las formaciones de siderita con contenido de cinc están ampliamente desarrolladas en el yacimiento.

Las mismas están representadas por lentes, cuerpos parecidos a lentes y cuerpos de forma irregular cercanos a las dislocaciones disyuntivas postminerales.

Son observables formaciones de sideritas, que cementan las rocas trituradas y las menas sulfurosas a lo largo de las dislocaciones. En las partes inferiores de la zona de oxidación, donde las rocas y menas, durante el proceso hipergénico, se transformaron en formaciones friables, la siderita sirve a menudo como material de cementación que da comienzo a las brechas parecidas a las tectónicas. Sólo su especial posición espacial, sus formas fluidas parecidas a cáscaras, y las formas semejantes a estas, de la misma siderita, permiten determinar su procedencia hipergénica.

El germanio y el galio se distribuyen por la zona de oxidación en forma relativamente regular a excepción de los sectores de desarrollo de las porfiritas diabásicas.

En el proceso de hipergénesis de las menas sulfurosas, cobre, cinc, parcialmente hierro y algunos otros elementos emigran a los horizontes inferiores del cuerpo mineral o fuera de sus límites. Junto con ellos emigra y se redeposita una cantidad determinada

de germanio que está ligado con los sulfuros. La otra parte, por supuesto, y en general, ligada con los propios minerales de germanio, se acumula con el hierro en las limonitas del "sombrero de hierro". Esto demuestra la semejanza de las propiedades geoquímicas del germanio en condiciones de hipergénesis, con el hierro divalente. A pesar de la eliminación, la concentración de germanio permanece relativamente alta por toda la sección vertical de la zona de oxidación, incluyendo sus partes superiores. En las partes inferiores de esta última, donde la porción de germanio eliminada comienza a redepositarse, el contenido del mismo naturalmente aumenta (en ocasiones 10 veces); aquí el germanio tiene relación directa con las concentraciones de cinc.

La misma relación se observa en los casos en que el cinc está asociado a los cuerpos de siderita, recién formados. La situación descrita está bien ilustrada por el gráfico de la figura 4, donde en el eje horizontal se muestran los contenidos de los elementos, según los datos del análisis espectral y en el eje vertical la profundidad de uno de los pozos, en metros. El galio en las zonas de oxidación mayormente se asocia al germanio.

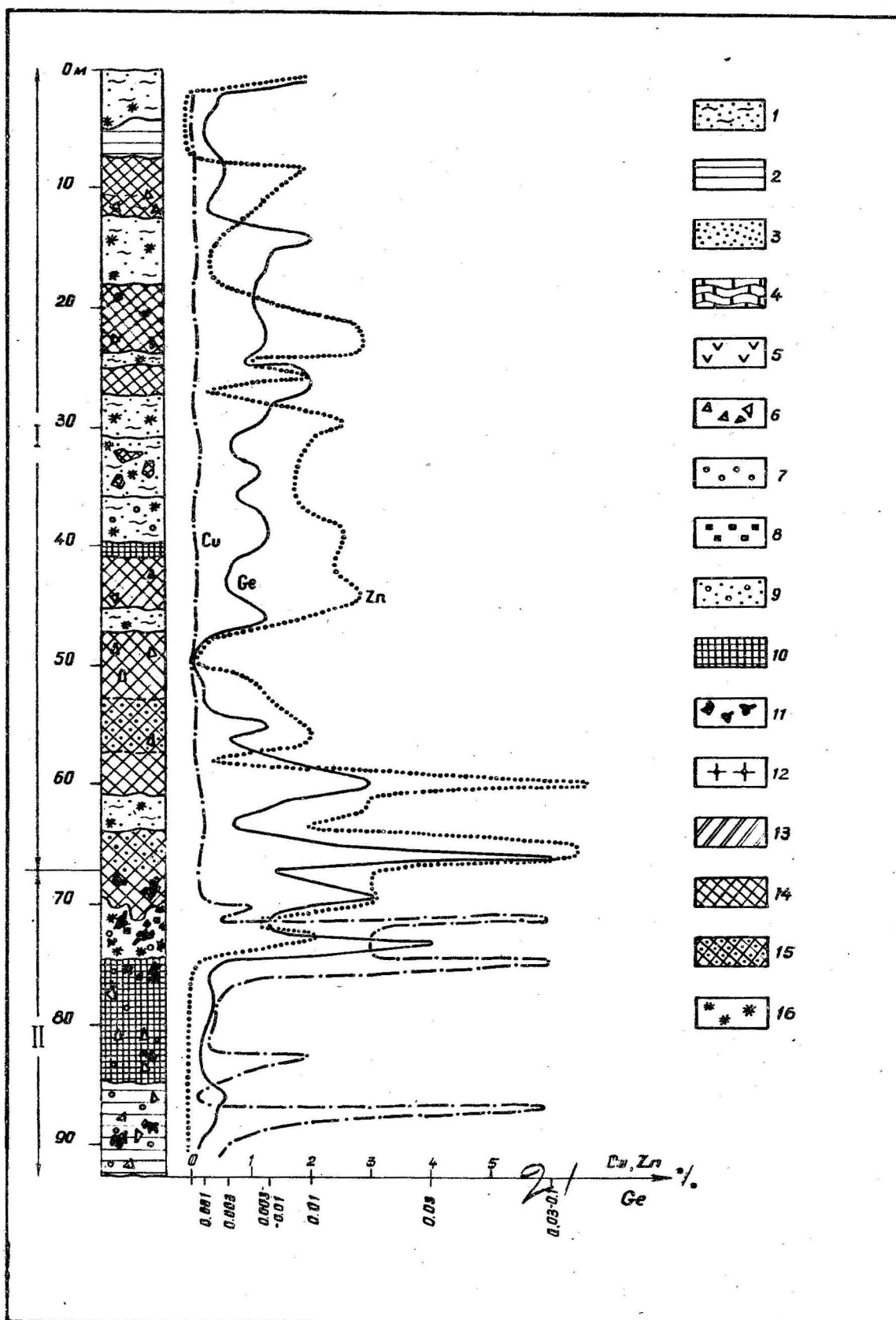
Las áreas de la zona de oxidación compuestas de porfiritas diabásicas se distinguen por el desarrollo poco considerable de hidróxidos de hierro (rocas poco limonitizadas y ocreizadas). Al mismo tiempo aparecen bien manifestados los procesos de caolinización, silicificación y calcedonización de las rocas.

Lo más interesante es que aquí se observan las más altas concentraciones de cinc, plomo (cerucita, hinsdalita), cobre, aluminio, fósforo, arsénico, vanadio, estroncio, especialmente germanio y galio (según los datos del análisis espectral hasta 0,1% y más).

Por lo visto, tales sectores representan, a juzgar por la lista de los componentes mencionados, los lugares de mayor concentración de minerales de la etapa cuprífero-polimetálica de mineralización, en la que tuvo lugar la afluencia máxima de germanio y galio de hidrotermas.

Fig. 4. Gráficos de los contenidos de cobre cinc y germanio según el pozo No. 539 (I. zona de oxidación II zona de enriquecimiento sulfuroso secundario.)

1. formaciones friables de arena y esquisto 2. esquistos silíceos 3. areniscas 4. calizas 5 porfiritas diabásicas 6. brechamiento de las rocas 7. cuarcificación 8. sulfurización 9. cuarcitas secundarias 10. menas piriticas 11. sulfuros secundarios 12. cobre nativo 13. menas sideríticas 14. menas limoníticas 15. variedades también friables 16. rocas ocreitizadas.



Los minerales propios de germanio y galio no fueron descubiertos, pero es de esperar su presencia. Una parte considerable de germanio y galio está estrechamente vinculada con los fosfatos de plomo y están ampliamente desarrollados.

La presencia de tales sectores, cuyas dimensiones, por desgracia, no son grandes, aumenta en general el valor de las menas de la zona de oxidación, que adquieren categoría de objetos complejos, hierro-galio-germanio.

El cobalto se localiza con una desigualdad extrema y su contenido varía desde simples milésimas hasta 0,7-1%. Las concentraciones más grandes se observan en los sectores de desarrollo de los óxidos de manganeso (flancos noreste y suroeste).

Los minerales de manganeso están asociados, a su vez, a los sectores donde las calizas se acercan a la superficie y donde estas últimas son afectadas por los procesos de intemperismo.

ZONA DE ENRIQUECIMIENTO SULFUROSO SECUNDARIO

La lixiviación intensa de los componentes minerales y especialmente la del cobre de la zona de oxidación, condujo al desarrollo de los procesos de enriquecimiento sulfuroso secundario a profundidades mayores.

La formación de la zona de cementación, en muchos casos, se predeterminó por el carácter del plano estructural del mismo yacimiento. Las zonas potentes de brechas y milonitas que limitan el cuerpo mineral del lado yacente sustituyeron un horizonte impermeable original.

El bloque de calizas macizas corridas de abajo y de porfiritas diabásicas en el lado pendiente de los cuerpos minerales, en cierto grado limitaban el desarrollo de los procesos exógenos en el área. Todo esto demuestra que los espacios entre las zonas de milonitas y calizas junto con las formaciones arenisco-esquistosas brechadas y trituradas desarrolladas en éstas, fueron favorables para las soluciones mineralizadas que penetraron desde arriba a lo largo de la zona mineral.

Las condiciones estructurales litológicas de este sector favorecieron la acumulación de considerables cantidades de agua, que contribuyeron al cambio de la composición primaria de los cuerpos minerales y a la formación de zonas de sulfuros secundarios linealmente extendidos.

La parte inferior de la zona se determina por la posición del plano de la fractura principal y en diferentes sectores del yacimiento se encuentra a profundidades de 50-100 m y hasta 150-180 m de la superficie actual.

El drenaje de los depósitos de aguas que se renuevan constantemente, se pudo realizar fácilmente sólo a lo largo del límite superior de los bloques de calizas corridas (ver el corte en la Fig. 2).

Por lo visto, esto fue lo ocurrido, pues los depósitos más potentes de siderita con cinc cuya formación está relacionada con las aguas corrientes, se localizan precisamente en estos sectores. Hacia el lado de la tabla baja de la dislocación, el movimiento de las aguas no se pudo realizar gracias a las propiedades impermeables de las rocas.

Esto lo demuestran los hallazgos constantes de menas sulfurosas primarias en el lado yacente de la parte central de la zona de falla, cerca de la superficie. Este hecho interesante demuestra el papel dirigente del factor litológico-estructural y el rol secundario de las condiciones geomorfológicas en la formación de la zona de hipergénesis en los límites del yacimiento Hierro.

La composición mineral de las menas de la zona de cementación del yacimiento es bastante complicada. Además de los minerales que son característicos para las menas primarias (pirita, calcopirita, esfalerita, pirrotina, renierita, germanita, y otros), aparecen aquí otros como la calcosina, covelina y borrita, que sustituyen parcial o totalmente a los bisulfuros de hierro, cobre, cinc. Durante este proceso, los cuerpos minerales pierden azufre, cinc, plomo y se enriquecen intensamente en cobre.

Al mismo tiempo, los cambios bruscos que se producen en los cuerpos minerales no afectan el contenido de germanio y galio.

La particularidad característica de las menas de las zonas de enriquecimiento sulfuroso secundario, la constituye su alto grado de trituración y lixiviación.

Las menas sulfurosas primarias a menudo están convertidas en material friable, movedizo y hollino-arcilloso. Las menas friables y movedizas se forman en las areniscas, donde se desarrollan menas sulfurosas macizas y densamente diseminadas. En los sectores de desarrollo de las porfiritas y esquistos se forman menas saturadas por minerales arcillosos y sulfuros secundarios representados por aglomeraciones hollinosas de granos finos. La presencia de tales composiciones minerales hollinosas y finas que son fácilmente acarreadas por el agua, debido a la dislocación mecánica de las rocas, contribuyó al enriquecimiento secundario de estas últimas inclusive, aun cuando anteriormente no estuvieran mineralizadas.

De este modo, los componentes minerales eliminados de los horizontes superiores se depositaron de nuevo en la zona de cementación, no sólo en los límites de los contornos de las menas sulfurosas primarias, sino parcialmente fuera de sus límites. Esto, a su vez, produjo alguna complicación en la morfología de los cuerpos minerales cuyos contactos (en el lado de la tabla alta) se hicieron indeterminados, estableciéndose sólo por los datos ofrecidos por los análisis. En el lado yacente de la zona mineral, fuera de los límites de la mineralización sulfurosa, el enriquecimiento secundario no se observa.

A juzgar por las menas primarias macizas, densamente diseminadas donde, por lo visto, se concentró la masa principal de la mineralización de calcopirita más rica (industrial), la morfología de los cuerpos minerales era diferente a la actual. En los límites de la zona mineralizada general, los cuerpos minerales estaban representados por algunas lentes pequeñas, subparalelas o en forma de escalones y las segregaciones filoneanas con espesor limitado (hasta 5-15 m).

En el proceso de formación de la zona de cementación, no sólo de este cuerpo, sino a intervalos entre los mismos, se saturaron de sulfuros secundarios. Esto condujo a la formación, en los límites de la zona, de un depó-

sito mineralífero bastante grande cuyo espesor llega a 15-80 m y el largo hasta 1 000 m.

La particularidad morfológica del cuerpo mineral formado por segunda vez, fue expuesta anteriormente, durante la característica geológico-estructural del yacimiento.

Los principales componentes útiles de la zona de cementación que determinan el valor industrial de la zona y de todo el yacimiento en general son: cobre, germanio, galio, azufre.

El cobre se acumula en cantidades elevadas por toda la zona de cementación. Su distribución es extremadamente irregular, y por eso el contenido de cobre en las menas fluctúa desde 1-1,5% hasta 20-30% (Fig. 4).

Lo común en la distribución del cobre es la reducción que sufre en su contenido en relación al buzamiento, de arriba a abajo, desde 5-6% hasta 1,5-2%.

Del lado pendiente hacia el yacente se produjo un máximo enriquecimiento en cobre de las partes centrales de la zona mineral, con el empobrecimiento correspondiente de las extremas (Figs. 5 y 6). En los horizontes superiores del cuerpo mineral tuvieron lugar procesos inversos.

El volumen principal de cobre en la zona de cementación (hasta 70-80%) está ligado a sulfuros secundarios (calcosina, covelina, bornita) y sólo una cantidad no grande está ligada a la calcopirita (cerca de 20%).

En los horizontes superiores de la zona, tal como se mencionó anteriormente, aparece ampliamente desarrollado en forma de sulfuros, óxidos (cuprita, tenorita), y cobre nativo. En tales sectores su volumen alcanza a menudo, un 50% de la suma total de los minerales cupríferos.

El germanio y galio, al igual que el cobre, están desarrollados por todas partes en la zona, exceptuando las áreas situadas en el cordón de la zona de oxidación. Aquí se observa constantemente el aumento de su concentración (Figs. 4, 5).

La particularidad característica del comportamiento del germanio la constituye la ausencia de relación con el cobre y su asociación permanente con el cinc y el plomo.

Se manifiesta muy claramente la dependencia directa del contenido de germanio, cinc y plomo en los sectores que están muy cuarcificados (cuarcitas secundarias), donde se conservan mejor que el resto de los materiales primarios (Figs. 6 y 7). Todo esto evidencia, no sólo la segregación simultánea de estos elementos, sino también sus estrechas relaciones geoquímicas y pregenéticas. El balance de la distribución de germanio en la zona mineral todavía no está exactamente determinado. Sin embargo, según los datos de las investigaciones previas, se establece orientativamente que una parte considerable del germanio está relacionada con sus propios materiales (renierita y germanita). Estos últimos se desarrollan en la zona por casi todas partes. La otra parte del germanio, por lo visto, entra isomórficamente en el contenido de esfalerita, galenita y otros sulfuros. Tal relación puede estar establecida con las menas grises que se asocian estrechamente a los bisulfuros mencionados anteriormente. El estudio de las formas de ubicación de germanio, galio y del balance de su distribución según los tipos de las rocas y asociaciones minerales de diferentes etapas del proceso mineral, representa una de las tareas más importantes de las investigaciones ulteriores.

El azufre (sulfuroso) en la zona de cementación descubre el contenido elevado (más de 25%) sólo en los contornos de las lentes y cuerpos mencionados anteriormente, que corresponden a las menas cuprífero-piríticas primarias. En otros sectores de la zona su contenido es bastante pobre.

LA ZONA DE LOS MINERALES PRIMARIOS

Se encuentra a profundidades de más de 150-180 m y hasta ahora está poco estudiada. Las menas son descubiertas, diseminadas y de composición cuarzo-pirito-polimetálica; el contenido general de cobre es menor que 1%, raramente 1,5%; de azufre 20-40%. Es característico el contenido elevado de cobalto (hasta 0,1-0,3%). Las estructuras supuestas y parcialmente confirmadas, favorables para la formación de yacimientos, permiten esperar el descubrimiento de yacimientos más

grandes de menas primarias. Un interés especial, desde este punto de vista, lo tiene la zona de brechas y milonitas de la fractura principal. Hace poco, en los límites de esta zona, fueron descubiertas menas calcopirita-piríticas primarias a menos de 100 m de la superficie. Su estudio constituirá el objetivo de investigaciones ulteriores.

CONCLUSIONES

Como resultado de los trabajos realizados en 1966-1968 por el ICRM en la parte sudoccidental de la provincia de Pinar del Río, se descubrió un tipo nuevo (para Cuba) de mineralización sulfurosa (yacimiento Hierro).

El yacimiento se estuvo formando durante un período largo de manifestación de la actividad postmagmática y de la superposición de los procesos exógenos posteriores, en condiciones geológico-estructurales y geomorfológico-climáticas específicas. Esto determinó el surgimiento de un intrincado complejo de mineralización hidrotermal e hipergénica.

Las particularidades principales del yacimiento son las siguientes:

1. La mineralización sulfurosa está desarrollada en los depósitos areno-esquistosos que recubren las calizas del Jurásico Superior y que están cortados por diques y cuerpos extrusivos y en forma de diques de porfiritas diabásicas y dioríticas.

Los sectores más favorables para la localización de las menas y, en primer lugar, de las de cobre-germanio, fueron los sectores de frecuente interestratificación de areniscas y esquistos situados en los contactos con las porfiritas diabásicas y las rocas carbonatadas.

2. Estructuralmente, el yacimiento está asociado a la zona regional tectónicamente debilitada que está acompañada por innumerables dislocaciones disyuntivas subparalelas y oblicuas. Espacialmente, esta zona se observa a lo largo del límite noroeste del levantamiento del anticlinorio de Pinar del Río Norte, que está compuesto por rocas del Jurásico Inferior de la formación areno-esquistosa San Cayetano. El yacimiento Hierro

está situado en la zona de la fractura principal y la mineralización se controla por las dislocaciones disyuntivas más bruscas que están conjugadas con él y las zonas de brechamiento y estructuras plegadas.

La morfología del depósito mineralífero se determina por la combinación de dislocaciones disyuntivas y plegadas.

Dicho depósito representa una forma combinada de zonas alargadas linealmente y parecidas a una silla, del tipo de *stockwork*. La deposición mineral se produjo por medio de la sustitución metasomática de las intercalaciones de las rocas brechosas, agrietadas y también por medio del relleno de grietas abiertas.

3. La mineralización sulfurosa primaria pertenece a las formaciones típicas hidrotermales de temperaturas medias y bajas. Los minerales principales son: pirita, calcopirita, esfalerita, en todos los lugares; pero en menor cantidad están desarrolladas la renierita, germanita y galio. Los procesos de mineralización se acompañaban por la transformación hidrotermal de las rocas - cuarzificación, cloritización, ceritización, carbonatización. En el yacimiento se distinguen cuatro etapas principales en la deposición mineral divididas entre sí por los períodos de movimientos tectónicos: cuarzosa, azufrepirítica, clorito-cuprífero-polimetálica, cuarzo-yeso-carbonática. Los componentes principales que son: cobre, germanio, galio, cinc, y que determinan el valor industrial del yacimiento, se depositaron principalmente en la etapa clorito-cuprífero-polimetálica.

4. En el área del campo mineral Hierro, la distribución alta la tienen las rocas magmáticas filonianas, que están representadas por diques, los cuerpos de hiperbasitas en forma de diques irregulares, así como las porfiritas diabásicas. Se encuentran afloramientos raros en las rocas filonianas de composición diorítica y gabro-diorítica.

Es característico que todas las formaciones magmáticas sean preminerales y lleven la diseminación singenética de sulfuros, a veces muy abundante (en general pirita). Todos

los cuerpos minerales del yacimiento y fuera de éste, están asociados a las áreas de contacto de las porfiritas diabásicas. Esto permite no sólo establecer o determinar las relaciones estructurales existentes entre la mineralización y las porfiritas diabásicas, sino también especular acerca de su relación genética con los focos magmáticos que engendraron estos complejos intrusivos.

5. Llama la atención la presencia, en las menas sulfurosas, de elementos no propios de las rocas básicas y medias, tales como W, Sn, Mo, Be, y también el desarrollo de la mineralización fluorítica sobrepuesta. La presencia de tales componentes, por lo visto, es un indicio demostrativo de la activación postmineral de la actividad magmática. Al diferenciarse intrusiones más ácidas que no se manifiestan en el nivel actual de erosión.

6. El yacimiento Hierro sufrió una profunda transformación hipergénica. El agrietamiento grande de las menas y rocas, su composición polimineral y las particularidades estructurales del yacimiento, junto con las condiciones generales geomorfológico-climáticas, predeterminaron la formación de las zonas de oxidación bien expresadas y del enriquecimiento sulfuroso secundario. En este momento tuvo lugar un nuevo reparto muy intenso de la sustancia mineral, según el buzamiento de la zona mineralífera. Sus horizontes superiores son ricos en hierro, germanio, galio y pobres con relación a otros componentes minerales (cobre, cinc, azufre). En los horizontes más profundos surgieron grandes y ricas acumulaciones de menas sulfurosas secundarias que contienen las concentraciones industriales de cobre, germanio, galio y raramente cinc.

En conclusión, es conveniente apuntar que la zona plegada de Pinar del Río, según los resultados de las investigaciones geológicas, se caracteriza por la combinación favorable de los factores geológico-estructurales litológicos y geomorfológicos, que son necesarios para la formación de los grandes yacimientos exo y endogenéticos de cobre, polimetales, así como menas piríticas y de hierro. Se descubrió un nuevo tipo para Cuba de

Fig. 5 Distribución de cobre y germanio en la zona de enriquecimiento sulfuroso secundario (pozo 500).

Signos convencionales ver la explicación de la figura 4.

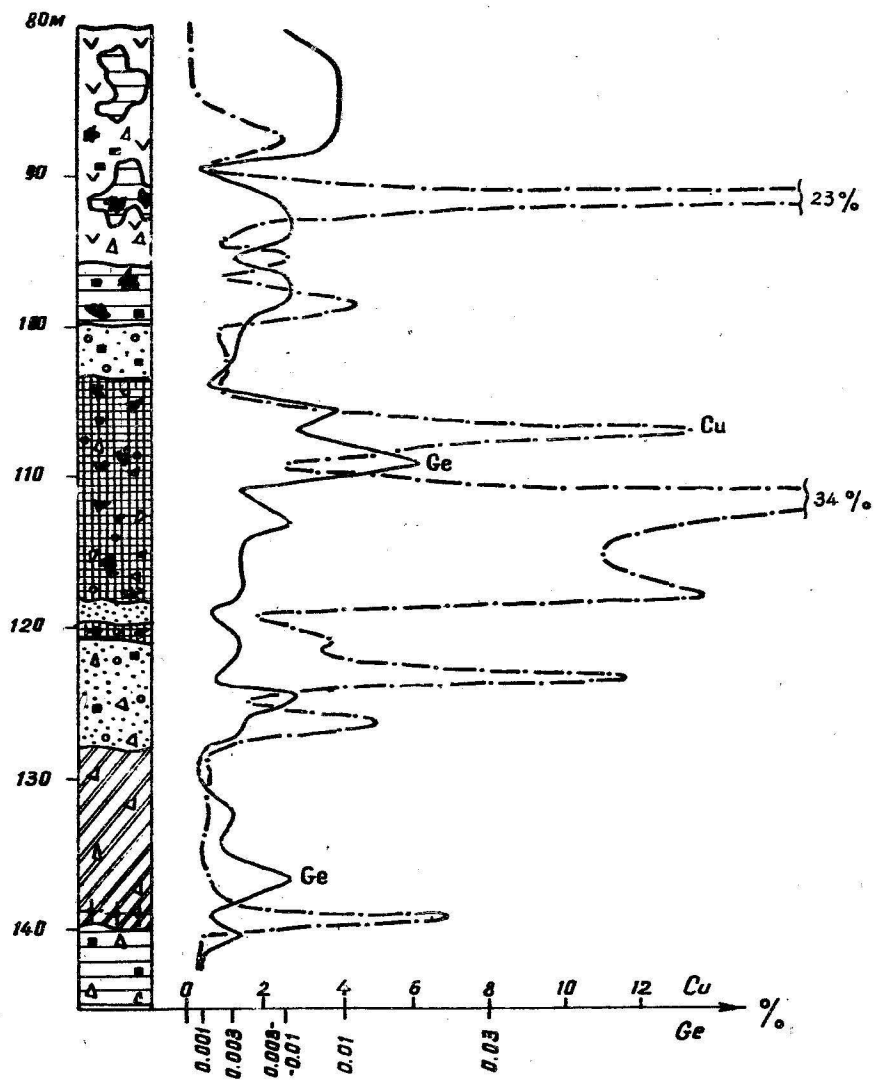


Fig. 6. Gráficos de la dependencia de los contenidos de germanio del contenido de plomo y cobre (pozo 502).

Signos convencionales ver en explicación de la figura 4.

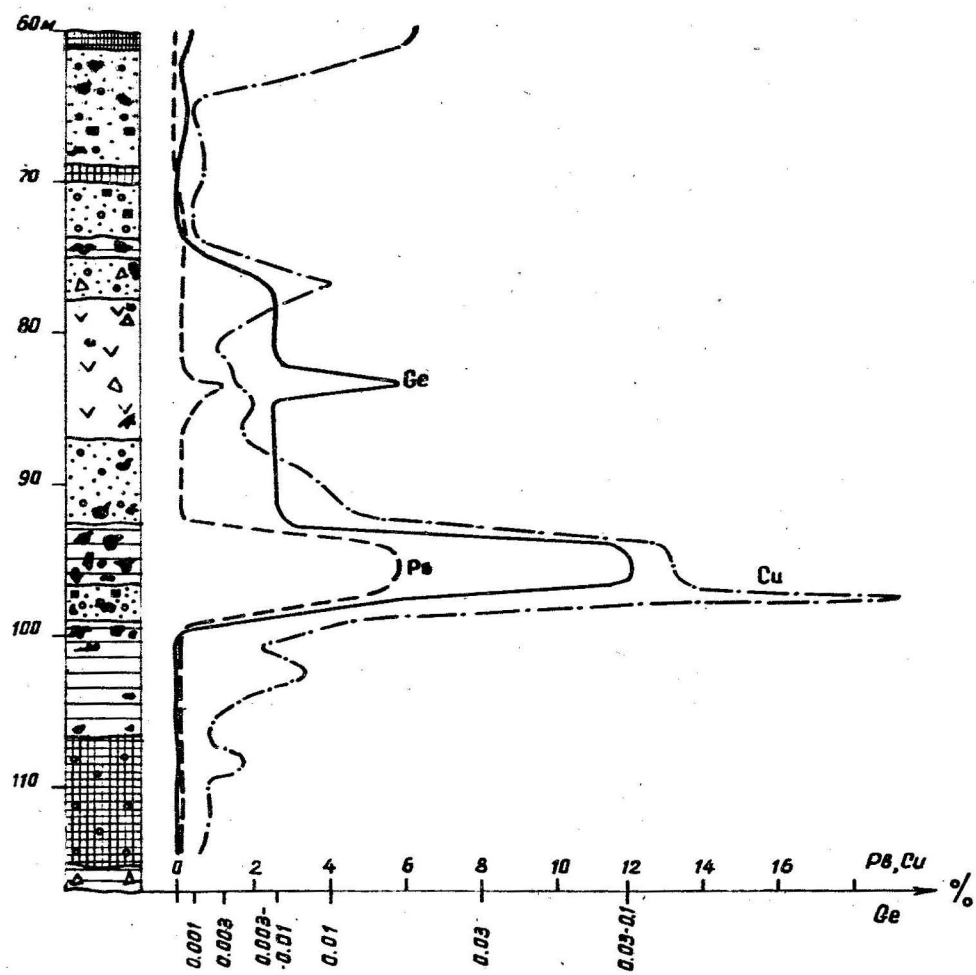
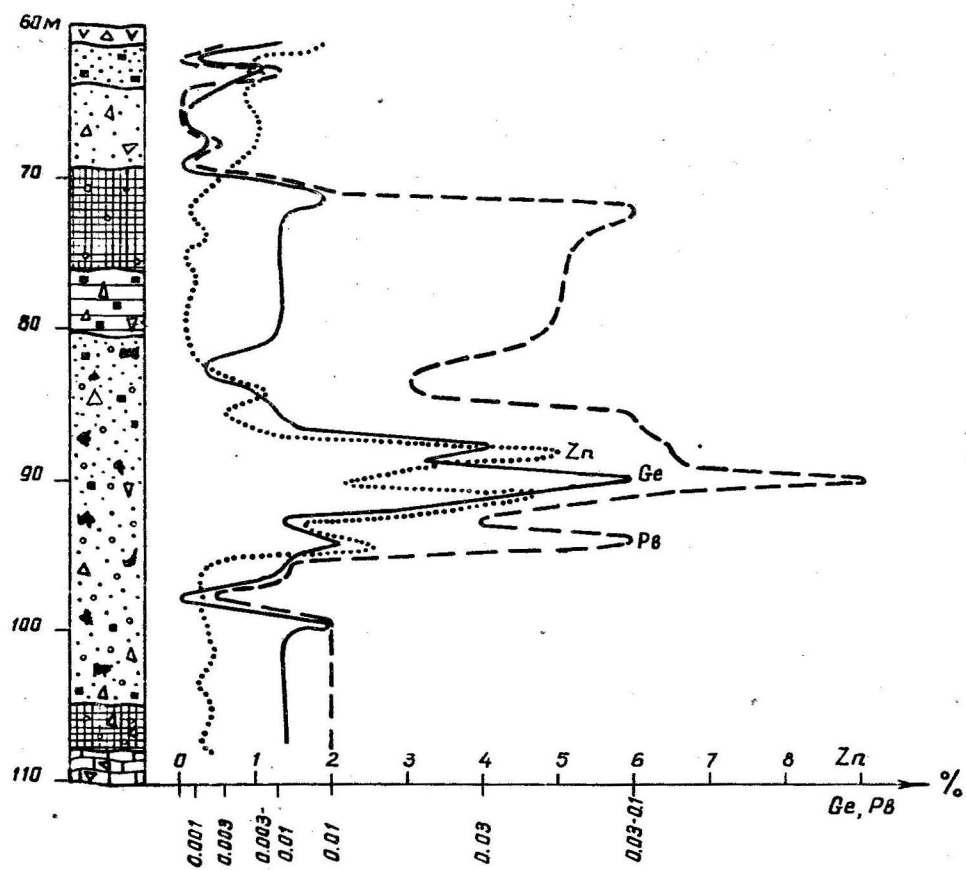


Fig. 7. Gráficos de la dependencia de los contenidos de germanio, de los contenidos de plomo y cinc (pozo 513).

Signos convencionales ver en explicación de la figura 4.



mineralización de cobre-pirita (Hierro), con alta concentración en las menas de cobre, germanio, galio y otros elementos. En muchos yacimientos sulfurados de la provincia y en los "sombreros de hierro" desarrollados en los mismos (Unión, Castellano, Matahambre, Mono, Dora, Francisco y otros) y se establecieron también contenidos elevados de los elementos diseminados. Todo esto pone a la provincia occidental de Cuba en

uno de los primeros lugares, tanto por la mineralización sulfurada, como por la de los minerales raros.

De este modo, la provincia de Pinar del Río, desde este punto de vista, merece una atención escrupulosa. La realización de un amplio complejo de trabajos geológicos de levantamiento, búsqueda y exploración, es una de las tareas primordiales para el estudio ulterior del territorio de Cuba.

BIBLIOGRAFIA

Laverov, N. P., Burman, Y., Cabrera-Ortega, R., Konechniy, S. "Estructura geológica y algunos problemas de la génesis del yacimiento de cobre de Matahambre." Colecciones de la Academia de Ciencias de la URSS "Geología y minerales útiles de Cuba" M., "Nauka". 1967.

Lisitsin, A. I., Linchenat, A. "Particularidades del desarrollo metalogenético de Cuba." Materiales de la XXIII sesión del Congreso Internacional Geológico 1967.

Puscharouski, Y. M., Knipper, A. L., Puig-Rifá, M. Mapa tectónico de Cuba a escala 1:25 000 000, Colecciones de la Academia de Ciencias de la URSS. "Geología y minerales útiles de Cuba" M., "Nauka", 1967.