- 26. SCHOMBURG, J., M. STÖRR: "Kombinierte Thermische Analyse an Dreischicht Tommineralen". Thermichimica Acta, 25, pp. 313-327 (1978).
- 27. STÖRR, M.: Lithologisch-petrologische Untersuchungen am nichtkarbonatischen Anteil der Gesteine des Ober-Albs und der Oberkreide in NE-Mecklenburg.
 Greifswald, Diss (A), pp. 172 (1967).
- 28. STÖRR, M.: "Genese, Geologie und Mineralogie der Kaolinlagerstätten der DDR sowie der Einflub des Stoffbestandes auf ausgewähte technologische Eingenschaften der Kaoline. Geifswald". Diss. (B), 470 pp. (1976).
- 29. WIEGMANN, J., C. H. HORTE: "Der Kornaufbau von Tonen und Kaolinen und seine Bedeutung für die Eingenschaften der Gesteine". Schriftenreihe für geologische Wissenschaften, Heft 5, 269-278 (1976).
- 30. WIEGMANN, J., C. H. HORTE, et al.: "Mineralanalitische Untersuchungen an Glidern der Montmorillonitgruppe".
 Ber, dtsch. Ges. geol. Wiss., Berlin B, 11, 317-342 pp. (1966).
- 31. ZICHENKO, O., R. QUINTANA PUCHOL, R. TIEL DE LEON y J. A. ESCOBAR: "Composición mineralógica comparativa de varios yacimientos de arcillas de la región de Cienfuegos". Centro, Serie Química y Tecnología Química III, 2, pp. 11-52 (1975).

106

CDU 553.481+622.348.1:622.7 (729.1)

VIAS PARA LA UTILIZACION OPTIMA DE LAS LATERITAS NIQUELIFERAS

RESUMEN

En el presente trabajo, a partir del análisis sustancial de las menas lateríticas y la necesidad de su utilización completa, se propone la explotación de estos yacimientos tomando en consideración su composición químico-mineralógica y sus propiedades tecnológicas. Se analiza también la necesidad de disminuir las exigencias a las menas en lo referente al contenido mínimo de níquel (hasta 0,2-0,3%) sobre la base de la elevación de la eficiencia industrial. Por último, se recomienda la búsqueda de nuevos tipos de yacimientos hipergenéticos de níquel.

La puesta en práctica de estas propuestas, según los autores, puede duplicar el valor de las lateritas niquelíferas y por consiguiente aumentar las posibilidades de exportación del país. У.Д.К. 553.48I + 622.348.I:622.7 (729.I)

ПУТИ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИКЕЛЕНОСНЫХ ЛАТЕРИТОВ КУБЫ

Резиме

Месторождения никеленосных латеритов содержат никель, кобальт, железо и другие полезные компоненты.

До последнего времени не решена проблема безотходного исполь_
зования латеритов. Предложен переработка никеленосных латери...
тов на основе закономерной связи между минералого-геохимичес...
кими особенностями руд и их технологическими свойствами,
извлечение железа из кеков выщелачивания никелевых заводов,
разработка покровного горизонта латеритов, идущего в отвалы,
в качестве комплексной руды на железо, кобальт, никель, хром
и другие компоненты. Планомерному развитию сыревой базы нике...
левой промышленности Кубы могут способствовать снижение
требований промышленности к содержанию никеля в рудах на
0,2 - 0,3% и поиски новых типов гипергенных никелевых место...
рождений. Практическая реализация предложений более чем вдвая
увеличит извлекаемую ценность никеленосных латеритов,
а соответственно и экспорные возможности Кубы.

VIAS PARA LA UTILIZACION OPTIMA DE LAS LATERITAS NIQUELIFERAS

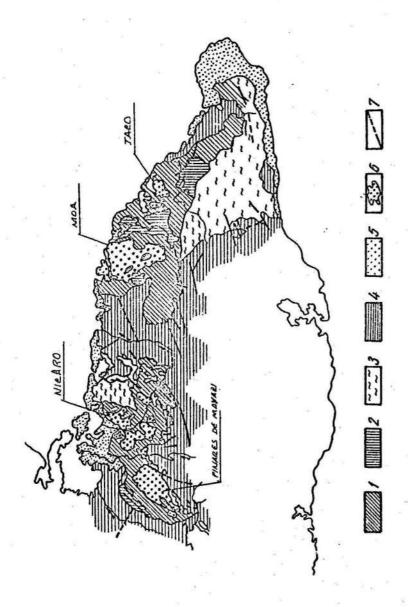
Ing. Andrei Stepanovich Vershinin Candidato en Ciencias Geólogo-Mineralógicas, Docente del Instituto de Minas (Svierdlov, URSS)

Ing. Fernando Bravo Lorenzo Candidato en Ciencias Técnicas, Asistente del ISMMOa

Ing. José Rodríguez Pérez Candidato en Ciencias Geólogo-Mineralógicas, Profesor Titular del ISMMoa

Los yacimientos de lateritas niquelíferas de Cuba están ubicados fundamentalmente en la parte oriental de la provincia de Holguín, comprendiendo cerca del 28 % de las reservas mundiales de níquel en menas hipergenéticas [1, 2]. Además de níquel y cobalto, las lateritas contienen hierro, cromo y otros componentes. Sin embargo, hasta ahora solamente se extrae con pérdidas sustanciales níquel y cobalto, razón por la cual es de gran vigencia el aprovechamiento integral de las lateritas niquelíferas.

Las lateritas niquelíferas yacen en forma de una cubierta sobre las rocas ultrabásicas sometidas a la meteorización. En la provincia de Holguín forman cuatro grandes campos de corteza de meteorización: Pinares de Mayarí, Nicaro, Moa-Punta Gorda y Taco.

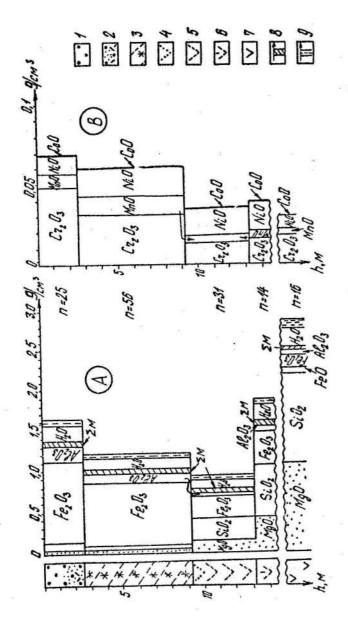


La potencia de la corteza de intemperismo oscila de 1 a 20 metros. En general la estructura del corte de la corteza de intemperismo según la vertical se caracteriza con un perfil geoquímico ideal del yacimiento Pinares de Mayarí (Figura 2). En el corte vertical de corteza de intemperismo muestra de arriba hacia abajo lateritas y ocres inestructurales, ocres subestructurales (compactados), serpentinitas nontronitizadas y lavadas y serpentinitas desintegradas y compactas entre las cuales se observan zonas brechadas mineralizádas.

En la composición mineral de las lateritas y de los ocres inestructurales predomina la goethita, la alumogoethita, magemita, hematita e hidrargilita. La composición química se caracteriza por los siguientes contenidos medios: níquel. 0,6 a 0,7 %; cobalto, 0,5-0,7 %; F₂0₃, 60 %, Al₂0₃, 10 %; Cr₂0₃, 2,5 %; Si0₂, 3 %; MgO, 0,5 %. Los minerales portadores del níquel y del cobalto son fundamentalmente la goethita y la hidrogoethita. En esencia es una mena de hierro con impurezas de níquel, cobalto y cromo. Esta mena actualmente se arroja a las escombreras al afectuarse el destape del yacimento. Esta operación negativa se refleja en la estructura del costo de elaboración de los horizontes inferiores del yacimiento niquelífero.

Fig. 1. Esquema de ubicación de las cortezas de intemperismo en la parte oriental de Cuba.

1 - ultrabasitas; 2 - gabro; 3 - rocas del fundamento plegado anteriores a la introducción de las ultrabasitas (J - K); 4 - rocas afectadas por la orogenia del Eoceno Superior u Orogenia Cubana (K_{2m} - f₂); 5 - rocas de la cobertura platafórmica (f₃ - Q); 6 - cortezas de intemperización niquelíferas; 7 - zonas de fracturas tectónicas.



En la composición del horizonte de ocres subestructurales la importancia de la goethita y la hidrogoethita se incrementa. Ellas continúan siendo los macroportadores fundamentales del níquel y el cobalto. En la composición química de los ocres están presentes: níquel 1,1 a 1,5 %; cobalto 0,1-0,15 %; F₂O₃, 60-75 %; CrO₃, 2,1-2,5 %; MgO, 1,1-2,0 %, Al₂O₃, 5-9 %; SiO₂, 3,5-5,0 %, es decir, estas son menas oxidadas de hierro-cobalto-níquel con un alto contenido de cromo.

Los minerales principales del horizonte de serpentinitas lixiviadas son: serpentina lixiviada, serpentina nontronitizada y nontronita (50-65 %).

La parte fundamental de la roca contiene goethita e hidrogoethita (15-30 %). La composición química de la mena es la siguiente: níquel, 1,4-2,0 %; cobalto, 0,035-0,045 %; $F_{2}0_{3}$, 18-27 %; MgO, 13-19 %; $Si0_{2}$, 24-30 %. Estas son menas silicatadas de níquel en las que los minerales macroportadores del níquel son fundamentalmente la serpentina y la nontronita. El cobalto se encuentra en los hidróxidos de manganeso.

Por último, en las zonas de trituración y de brechamiento en las rocas ultrabésicas a veces se encuentran zonas con mineralización cuarzo-garnieríticas cuya valoración industrial debe ser aclarada aún.

Las ultrabasitas son las rocas madres de la corteza de intemperismo las que están separadas en grandes bloques por un sistema de fracturas tectónicas. Estas rocas, a causa de su diferenciación tectónica vertical se han encontrado en diferentes condiciones geomorfológicas e hidrogeológicas. A causa de esto, la estructura del perfil de la corteza de intemperismo por la horizontal varía sustancialmente de un bloque a otro alcanzando sólo

un desarrollo homogéneo: el horizonte de lateritas. Los horizontes de las menas niquelíferas en los límites de los diferentes bloques se presentan, bien en conjunto o por separado, lo que representa una particularidad tecnológica fundamental de estos últimos, expresándose mediante la interrelación existente entre las menas oxidadas y silicatadas.

En fin, ha sido detectada la dependencia existente entre los perfiles mineralógico-geoquímicos de la corteza de meteorización y los tipos tecnológicos de las menas, cada uno de los cuales corresponde a un método óptimo de elaboración tecnológica (Tabla 1).

La ley señalada exige realizar un levantamiento geólogotecnológico de la corteza de intemperismo detectando los bloques tecnológicos homogéneos (BTH) por lo menos de tres tipos:

- BTH del 1er. grupo o tipo (menas silicato-oxidadas)
- BTH del 2do. grupo o tipo (menas oxidadas)
- BTH del 3er. grupo o tipo (menas silicatadas)

Las reservas de níquel en ellas se encuentran en la relación de 0,60: 0,35: 0,05.

Los métodos del procesamiento tecnológico óptimo son: para el BTH -1 el método hidrometalúrgico básico (amoniacal); para el BTH-2 el método hidrometalúrgico ácido; para el BTH-3 la fundición eléctrica para ferro-níquel.

TABLA 1. Comparación de los perfiles mineralógico-geoquímico de alteración de las ultrabasitas.

Perfil mineralógico- geoquimico	Perfil tecnológico (tipo de mena)	Tipos de bloques tecnológicos homogeneos (BTH) y sus indices	Procesos optimos de elaboración tecnologica
Serpentinita-nontro- nita-ocre-laterita	Mens silicateds oxidade deds de niquel y cobalto	1er. Grupo BTH Horizonte de ocres (b)	Amoniacal pirohidrometalürgico
Serpentina-ocre- laterita	Con dos horizontes meniferos en los ocres y las serpentinas	Horizonte serpentinizado (c)	
Leterite de ocres	Lenas oxidades de níquel y cobalto en el horizonte de ocres	2do. Grupo BTH	Hidrometalúrgico ácido
Laterita serpenti- nizada	Mena silicatada de niquel en el horizonte de serpentinitas	3er. Grupo BTH	Fundición eléctrica con obtención de ferroníquel

En particular el método ácido de procesamiento de las menas de ocres (BTH-2), en comparación con el proceso amoniacal, presenta las siguientes ventajas:

- el producto final del níquel tiene un costo menor (del 20 al 25 %):
- disminuyen las pérdidas de níquel en las colas (del 0,28 % al 0,14 %);
- se garantiza una extracción más completa del cobalto (85-90 % en lugar del 40-45 %, lo que eleva sustancialmente el valor del producto final, así como el volumen de cobalto obtenido; hay que señalar que las menas de ocres del BTH-2 frecuentemente están enriquecidas por cobalto de 1,3-1,5 veces en comparación con las menas análogas del BTH-1;
- disminuye el desperdicio de la mena al transportarla del yacimiento a la fábrica y también significativamente simplifica el transporte y abarata su costo; aquí hay que señalar que de aquellas minas de las que se sacan menas para la fábrica del proceso ácido, es decir, BTH-1, prácticamente no se emplea el horizonte de menas serpentinizadas las cuales quedan en el campo.

La situación actual conlleva a un uso irracional de las reservas exploradas, lo que muestra el valor práctico de la proposición hecha.

El principio de subdivisión de la corteza de meteorización laterítica en bloques tecnológicos homogéneos debe
ser un aspecto fundamental al efectuar la delimitación de
los diferentes yacimientos, sobre todo al hacer su valoración tecnológica durante la exploración del yacimiento
[5], para determinar la dirección del desarrollo de la
industria niquelífera.

La materialización práctica de este principio es posible por medio de la introducción, en todos los estadios del levantamiento de la exploración geólogo-tecnológica, de los fundamentos metodológicos señalados anteriormente [4].

Como ejemplo de una valoración geólogo-tecnológica en el estadio de exploración preliminar puede servir el yacimiento Punta Gorda. En el mapa esquemático geólogo-tecnológico del yacimiento (Figura 3) se caracterizan 5 bloques: norte, noreste, sureste, oeste y sur. Las fallas tectónicas que delimitan los diferentes bloques del basamento fueron trazadas sobre la base de la interpretación de las fotos aéreas, el análisis morfométrico del relieve y las observaciones de campo.

Los bloques más grandes (el norte y el noreste) son BTH del primer grupo, ya que los valores de la productividad lineal, el contenido de ocres (Pb) y el de serpentina (Pc) en sus limites son de más de 5 (de acuerdo a las condiciones mínimas industriales) y ambos horizontes meníferos se caracterizan por una elevada estabilidad. Las relaciones de la productividad lineal de las menas silicatadas y de ocres (oxidadas), son menores que 1,0 (y como promedio de 0,2-0,5). Todos los parametros tecnológicos señalados se dan en los gráficos de la productividad lineal.

Los bloques ceste, sur y sureste, de acuerdo a sus propiedades tecnológicas se refieren a las BTH del segundo grupo. (Tabla 1). Las particularidades mineralógicas y geoquímicas de estos bloques pueden ser observadas en los cortes generalizados o modelos estadísticos (Figura 4).

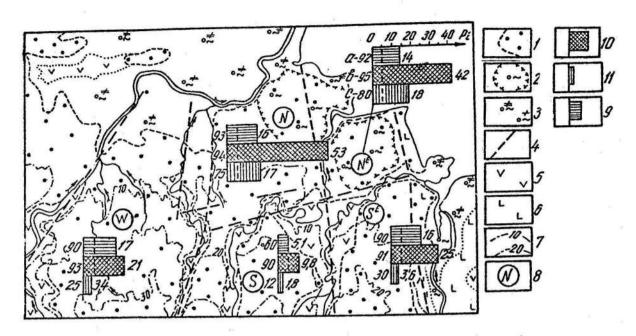
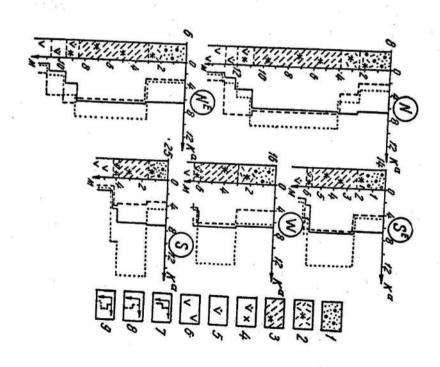


Fig. 3. Esquema geólogo-tecnológico del yacimiento Punta Gorda.

1 - lateritas niquelíferas; 2 - sedimentos aleurolito-arcillosos en los límites de distribución de las lateritas (Q); 3 - aleurolitas, arcillas, dolomitas con inclusiones de lateritas redepositadas (N-Q); 4 - fracturas tectonicas; 5 - harzburgitas serpentinizadas; 6 - gabro; 7 - isolíneas del relieve; 8 - bloques del yacimiento: N-norte; S-sur; NE-noreste; SE-sureste; W-occidental; 9-11 - valores de la productividad lineal del níquel (derecha) y coeficientes del contenido de mena (izquierda) para diferentes horizontes de la corteza de intemperismo: a - lateritas (mena fuera de balance); b - ocres subestructurales (mena oxidada de cobalto y níquel); c - serpentinitas nontronitizadas lixiviadas (menas silicatadas niquelíferas).

Fig. 4. Cortes geólogo-geoquímicos generalizados de diferentes bloques del yacimiento Punta Gorda.

1 - lateritas; 2 - ocres inestructurales; 3 - ocres substructurales; 4 - serpentinitas lixiviadas nontronitizadas; 5 - serpentinitas jixiviadas; 6 - serpentinitas de sintegradas; 7-9 - graficos de log coeficientes de acuel fondo geoquímico; 7 - Fe; 8 - Ni; 9 - Co. La cifra sobre la columna indica la altura media del relieve del bloque (unidades condicionales).



El yacimiento fue delimitado de acuerdo a las condiciones del proceso básico, resultado de lo cual el bloque sur queda fuera de balance para el níquel a pesar de su alto contenido de cobalto. De acuerdo a las condiciones del proceso ácido (Ni_{cond.}= Ni + 4Co %) él debe considerarse como industrial. El conjunto de bloques sur, oeste y sureste puede por un largo tiempo proveer de mena a una fábrica que trabaje por el proceso ácido. Igualmente los bloques norte y noreste son una buena base de materia prima para una fábrica que trabaje por el esquema básico.

De tal forma, y de acuerdo con la valoración tecnológica, es de utilidad dividir el área del yacimiento Punta Gorda en dos yacimientos independientes que contengan bloques con menas tecnológicamente homogéneas. Por tal razón durante la exploración es necesario efectuar el muestreo tecnológico independiente de los BTH del primer y segundo grupos. Las muestras tecnológicas representativas deben ser tomadas de los lugares donde hayan sido valorados parámetros de los cuerpos minerales (potencia, contenido de níquel y de los componentes de desecho) cercanos a los valores modelos según los cuales han sido construidos los cortes generalizados.

Un ejemplo de valoración geólogo-tecnológica y de mapeo en el estadio de exploración detallada lo es el yacimiento "Martí". En el esquema geólogo-tecnológico de yacimiento, según los resultados de la exploración preliminar, fueron revelsdos 13 bloques (Figura 5), los cuales por su tamaño son algo menores que los bloques de Punta Gorda anteriormente citados.

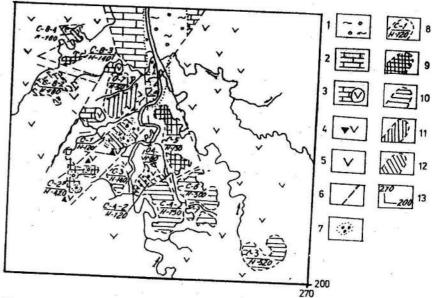


Fig. 5. Esquema geólogo-tecnológico del yacimiento "Martí".

1 - sedimentos areno-arcillosos; 2 - calizas y margas;
3 - calizas con fragmentos de serpentinitas; 4 - brechas
de serpentinitas; 5 - peridotitas serpentinizadas;
6 - fracturas tectonicas; 7 - mineralización de níquel en
las serpentinitas densas; 8 - bloques del yacimiento, su
número, altura; 9-12 - limites de las cortezas con la indicación de los bloques tecnológicos homogeneos de diferentes
grupos; 9-BTH-1; 10-BTH-2; 11-BTH-3; 12-BTH-4; 13 - coordenadas condicionales.

Durante la exploración detallada sólo fue tomada una muestra tecnológica del área C-5, partiendo de la supuesta homogeneidad tecnológica de la mena por la horizontal. Según los resultados del levantamiento geólogo-tecnológico se comprobó que en los límites del yacimiento se revelan cuatro grupos de bloques tecnológicos homogéneos (Figura 6), los cuales responden a los conocidos procesos tecnológicos de procesamiento de las menas niquelíferas. Sin embargo,

lo pequeño de los bloques y la variabilidad de sus propiedades tecnológicas no permiten aplicar una explotación selectiva de cada uno de ellos para someterlos al proceso óptimo.

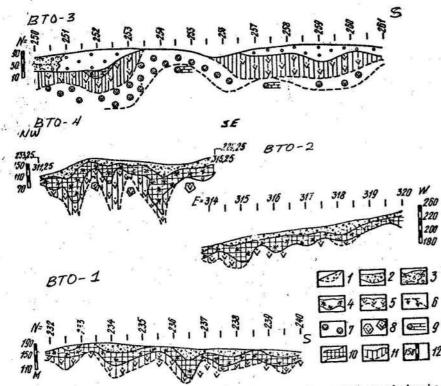


Fig. 6. Cortes de la corteza de intemperismo del yacimiento "Martí" en los limites de los bloques tecnológicamente homogeneos de diferentes grupos.

1 - lateritas redepositadas; 2 - lateritas y ocres inestructurales; 3 - formaciones deluviales; 4 - ocres subestructurales; 5 - serpentinitas lixiviadas nontronitizadas; 6 - serpentinitas lixiviadas; 7 - formaciones carsicas; 8 - serpentinitas brechadas; 9 - calizas con fragmentos de serpentinitas; 10 - menas oxidadas de níquel-cobalto; 11 - menas silicatadas de níquel; 12 - cotas del relieve; N y E - coordenadas condicionales.

En las cercanías se encuentra la planta de Nicaro, la que por supuesto se debe considerar el consumidor real del yacimiento. Sin embargo, sólo las menas del BTH del primer grupo (C-2, C-5, C-8-3) son las tecnológicamente óptimas para esta planta, la que como es conocido trabaja por el proceso básico.

Las menas de BTH del segundo grupo (C-3, C-4-1, C-4-3, C-6, C-9) según sus particularidades tecnológicas responden mejor al proceso ácido de la planta hidrometalúrgica de Moa, la que, como se sabe, se encuentra a varias decenas de kilómetros del yacimiento.

La elaboración de las menas del BTH del tercer grupo (C-7) respondería mejor al proceso de obtención de ferroníquel. Las menas análogas al BTH del cuarto grupo (C-4-2, C-8-2, C-8-4) generalmente se procesan en altos hornos; sin embargo, este proceso no se aplica en Cuba (las BTH del cuarto grupo son de un subtipo intermedio entre el BTH-1 y el BTH-3).

Sobre la base del mapa geólogo-tecnológico fue confeccionado el modelo tecnológico del yacimiento el cual muestra que la mezcla de menas de 13 bloques, pertenecientes a cuatro tipos tecnológicos (subtipos) tiene una relación de masas oxidadas y silicatadas de 2,67, es decir, muy cercana a las BTH del primer grupo, o sea, menas óptimas por su composición para la planta de Nicaro.

Partiendo de los resultados del levantamiento geólogotecnológico surge la necesidad de tomar una muestra tecnológica compuesta de masas promedios de las menas de las BTH de los grupos segundo, tercero y cuarto, considerando su correspondencia tecnológica con los requerimientos de la planta. Como resultado, independientemente de la variabilidad tecnológica de las menas y pequeñas dimensiones de las BTH, se obtendría el esquema óptimo de elaboración del yacimiento "Martí" con las pérdidas mínimas de menas, sobre la base de un flujo promedio de mena que se basará en un mapa geólogo-tecnológico detallado de elaboración de los bloques.

De lo señalado se desprende que al confeccionar los planes de desarrollo de la industria metalúrgica no se puede orientar esta solamente para el proceso amoniacal tal y como está planificado elevarlo en 3 veces [3]. Son necesarios los procesos básicos y los ácidos para desarrollar proporcionalmente las reservas de níquel de acuerdo con las BTH del primer y segundo grupo. De esta manera se eliminarían las pérdidas (ahora y en el futuro) de las menas serpentiníticas, al elaborar los yacimientos que abastecen a las plantas del proceso ácido de las BTH del primer grupo (5-7 % del total de todas las reservas) y se disminuirían en gran medida las pérdidas de níquel (4-6 % de todas las reservas) y de cobalto (20 % de todas las reservas) que se producen actualmente en el proceso de elaboración hidrometalúrgico de las menas oxidadas en las plantas del proceso básico [4] .

La segunda vía para el empleo óptimo de las lateritas niquelíferas lo es la disminución de la condición del contenido del níquel, que se fundamenta en la alta rentabilidad de la explotación de los yacimientos niquelíferos. En particular las reservas de ETH del primer grupo crecerían a cuenta de la disminución del contenido de balance de níquel en las menas silicatadas en 0,2 %, es decir, hasta el nivel de las menas oxidadas. Las reservas de ETH del segundo grupo también se elevarían si a ellas se les aplicara la condición de yacimiento complejo de cobalto-níquel. Como resultado de tal pequeña disminución a la condición industrial, las reservas de níquel crecerían

en una magnitud que garantizarían materia prima a una planta media durante no menos de 40-50 años. Aun una elevación mucho mayor de las reservas de níquel y cobalto de las lateritas podría obtenerse de una fundamentación científica geólogo-económica de las condiciones industriales, que se emplean actualmente al efectuar la exploración de los yacimientos niquelíferos.

Basándonos en la experiencia de la exploración de yacimientos análogos en la URSS y en países capitalistas se puede suponer que, incluso con una disminución del contenido de balance en un 0,2-0,3 % la explotación de estos yacimientos sería rentable. Al mismo tiempo se simplificaría la forma de los cuerpos minerales y aumentarían sus tamaños, lo que conllevaría al aumento del volumen de reservas exploradas de níquel en no menos de 2 veces.

Una dirección fundamental en la utilización integral de las lateritas lo es la obtención de hierro de las colas de las plantas de níquel. En las lateritas hay más de 2 mil millones de toneladas de menas de hierro [6].

Al analizar los gráficos de la productividad lineal relativa del níquel, cobalto y hierro que caracterizan la acumulación relativa de los elementos mencionados en diferentes horizontes de la corteza de intemperismo (Figura 7), se puede notar que cerca de la mitad del hierro está contenido en el horizonte de los ocres subestructurales que se explota como una mena de cobalto-níquel.

Por ejemplo, las colas del proceso pirohidrometalurgico básico en estado seco contienen 43,5 % de hierro, 0,28-0,34 % de níquel, 0,05-0,08 % de cobalto y 2 % de cromo.

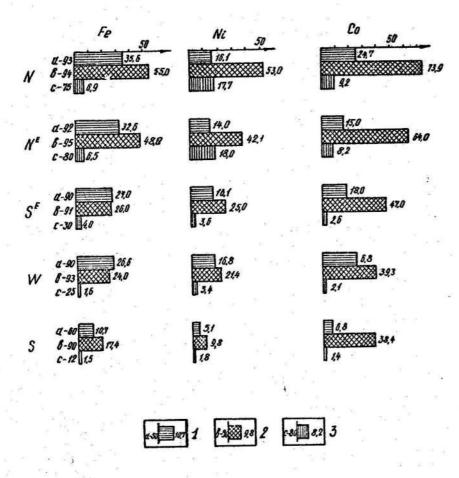


Fig. 7. Graficos de la productividad lineal del hierro, níquel y cobalto en el corte vertical de diferentes bloques del yacimiento Punta Gorda (Figura 3).

1 - lateritas y ocres inestructurales (mena de níquel-cobalto-hierro); 2 - ocres subestructurales (mena oxidada de hierro-cobalto-níquel); 3 - serpentinitas lixiviadas (mena silicatada de níquel). Las cifras indican: derecha productividad lineal relativa; izquierda - el coeficiente de mena).

Gracias a la tostación de la masa mineral antes de la lixivisción del níquel, las colas adquieren una alta magnetización y pueden ser sometidas fácilmente a un proceso de beneficio, lo que permite considerarlas actualmente como base de materia prima para una planta de mediana magnitud de aceros. Una vez que estén instaladas las restantes plantas en ejecución actualmente, la base de materia prima será mucho meyor.

Las lamas líquidas del proceso ácido de las BTH del segundo grupo, luego de ser secadas contienen un elevado contenido de hierro (47-51 %) y de cromo (1,9-2,1 %) comparable con el contenido de estos elementos en el horizonte de lateritas. Gracias al alto coeficiente de extracción del níquel y el cobalto en el proceso ácido, el contenido de estas en las lamas secas no es alto (0,06 % y 0,008 %, respectivamente). Sin embargo, la extracción del hierro puede ser por completo rentable. Es necesario solamente la elaboración complementaria para la extracción del azufre y la transferencia del hierro a una forma magnética.

De las lamas puede obtenerse un concentrado de cromo-hierro por medio de su elaboración por el método de separación electromagnética húmeda. Al mismo tiempo, las lamas podrían ser transportadas en forma líquida a algún país socialista de Europa y luego de su enriquecimiento adicionadas como carga a un alto horno con menas pobres en cromo.

La transportación por mar de menas de hierro y concentrado se practica ampliamente en la actualidad. Para su traslado en forma seca se emplean barcos combinados preparados para el transporte de menas secas y de petróleo. La carga en ese tipo de barco es algo más cara pero permite disminuir los viajes en lastre. En una dirección se transporta petróleo y en la otra mena.

Tales barcos tienen una capacidad de 100-200 mil toneladas, pudiendo atracar sólo en puertos de aguas profundas. Por eso es muy perspectivo el método de transporte de la mena en forma de pulpa, cuya gran ventaja radica en la posibilidad de cargar y descargar el barco en el mar, lejos del puerto con ayuda de bombas de pulpa a través de una tubería. Por primera vez el transporte de concentrado de hierro en forma de pulpa se realizó por la firma Marcona del Perú hacia los Estados Unidos en 1969, y después de Nueva Zelandia y Perú al Japón en 1971-72.

Hay que señalar que el mayor interés para el empleo en calidad de menas de hierro lo tienen los horizontes de lateritas y de ocres inestructurales. Su empleo puede realizarse independientemente del proceso tecnológico que se emplee en las plantas de níquel y cobalto. Generalmente este horizonte forma las rocas de cobertura de los yacimientos niquelíferos que contienen 46-48 % de hierro; 0,6-0,8 % de niquel; 0,05-0,07 % de cobalto; 2-2,9 % de óxidos de cromo: 0.7-1.0 % de óxidos de manganeso: 7-15 % de alúmina; 2.7-3.4 % de sílice; 0.02-0.04 % de fósforo; 0,1-0,15 % de azufre: 0.04-0.05 % de vanadio y 0.1-0.8 % de óxido de magnesio. Sin embargo, en una gran parte del horizonte de lateritas y de ocres inestructurales está desarrollado en forma de una capa independiente de mena compleja de níquel. cobalto y cromo-hierro. Una gran parte de las reservas en ellas (más de mil millones de toneladas) permiten considerar las lateritas como una fuente segura de materia prima para la metalurgia ferrosa.

Un producto intermedio puede ser la producción de perdigón (es necesario previamente el cribado de los fragmentos grandes de hematita-goethita, su molida y mezcla con la masa de ocres). El siguiente paso sería según el esquema de reducción (fundición) en hornos giratorios tubulares eléctricos y convertidores.

El esquema señalado se utiliza para las menas de hierro con cromo de los Urales (hasta cercanos, según su composición, a las lateritas cubanas, aunque son más pobres en hierro), lo que permite suponer la posibilidad de una elaboración completa de las lateritas con la obtención de hierro-níquel (con cobalto), acero con bajo contenido de mezclas deñinas, fundido de cromo, aluminio y cemento portland. El esquema da una alta recuperación del níquel, cobalto, hierro y cromo; emplea un reductor barato (turba, antracita, coque y otros), y se realiza en equipos ya utilizados industrialmente.

La variante analizada de empleo de las menas de hierro contenidas en el horizonte de lateritas y ocres inestructurales permite obtener de las lateritas una cantidad complementaria de níquel en una magnitud del 25 % del total del níquel que se contiene en dos horizontes inferiores de la propia mena de níquel, así como una significativa cantidad de cobalto, cromo y otros componentes. Esto elevaría el producto nacional global en una cifra significativa (n10 miles de millones de pesos).

En calidad de una fuente complementaria de hierro pueden analizarse las menas de hierro sedimentarias que se han formado a cuenta del lavado y transporte de los productos de las cortezas de alteración de las ultrabasitas redepositadas en la superficie de las rocas coralinas litorales.

El carácter óptimo de los planes perspectivos y la dirección del desarrollo de la industria niquelífera deben ser enlezados con los planes de exploración geológica para el incremento de las reservas y sus propiedades tecnológicas esperadas. El análisis de las premisas geológicas permite indicar direcciones concretas de los trabajos de búsqueda geológica para la localización de nuevos tipos de yacimientos de níquel.

Sobre la base del análisis de materiales geológicos y geofísicos del territorio de Cuba se ha llegado a la conclusión de que los macizos hiperbasíticos de Moa-Baracoa y Mayarí-Nicaro, en el techo de los cuales se encuentran los yacimientos de las lateritas niquelíferas forman una franja o cinturón subparalelo independiente, ocupando otra situación estructural en comparación con otros macizos del cinturón norte cubano [7].

La continuación occidental del cinturón señalado lo es el macizo Cauto, cubierto por sedimentos aluviales cuaternarios del valle del río Cauto (Figura 8), el que, sin
embargo, expresivamente se revela en la estructura de los
campos magnético y gravitacional.

La existencia de sedimentos del Paleógeno alrededor del macizo constituye una prueba de que el macizo Cauto durante ese período afloró y estuvo sometido a un interno proceso de meteorización química. Durante el Cuaternario se produjo el descenso del macizo y fue enterrada la corteza de meteorización productiva que se encontraba en su techo, por una capa de sedimentos aluviales de una potencia de varias decenas de metros. Las reservas de este macizo deben ser del tipo cobalto-níquel chamosita-siderita, siendo de tal magnitud que serían suficientes como para que funcione por lo menos una planta media.

Una nueva fuente de obtención de níquel pueden ser los yacimientos de menas cuarzo-garnieríticas en las zonas de fractura entre las ultrabasitas. La existencia de este tipo de yacimiento en Nueva Caledonia con contenidos de níquel del 3-10 % fundamenta esta suposición.



otros (1966), con

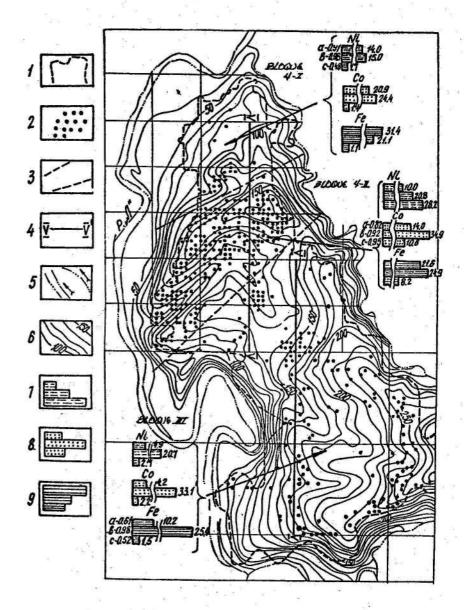
Una gran zona mineralizada con contenidos industriales de níquel de infiltración (querolita, garnierita, cuarzo, ópalo y calcedonia) existe en el área C-4-2 del yacimiento "Martí" (Figura 9). Tiene una extensión de 800-1 000 m con un ancho de casi 300 m. En el plano la zona se caracteriza por fuertes variaciones de los puntos de aparición de los altos contenidos de níquel (de más de 1,2 %) en las serpentinitas compactas. El coeficiente de mineralización en el área en los límites de la misma es del 60 %. El contenido de níquel varía en los límites de 1,2-7,5 % con un contenido de hierro del 11,3 % y de cobalto del 0,027 %. En el relieve actual la zona mineralizada se manifiesta como una elevación, motivado ello por el alto contenido de sílice que entra en la composición de la roca (Figura 9).

Fig. 9. Esquema de la ubicación de la mineralización de níquel en las serpentinitas firmes en el área C-4 del yacimiento "Martí".

1 - contorno del desarrollo de la corteza de meteorización;

2 - pozos con mineralización de níquel en las serpentinitas firmes de más de 1,2 % Ni; 3 - límites de los bloques C-4
2; 4 - línea de perfil geologo-geoquímico; 5 - arroyos y ríos; 6 - isolínea del relieve con un intervalo de 10 m;

7-9 - gráficos de la productividad lineal relativa de la productividad de los elementos meníferos en diferentes horizontes de la corteza de meteorización: a - lateritas; b - ocres subestructurales; c - serpentinitas lixiviadas nontronitizadas; las cifras significan: a la izquierda - el coeficiente de mena; a la derecha - la productividad lineal relativa; 7 - níquel; 8 - cobalto; 9 - hierro.



Una zona de mineralización de tal tipo se caracteriza por una serie de particularidades en las cortezas que la sobrecubren. En particular, en sus límites se manifiesta una elevación del coeficiente de mineralización de las menas serpentiníticas del 0,5 al 0,95. En el corte el bloque C-4-2 se diferencia de los bloques C-4-1 y C-4-3 por una marcada elevación de la potencia de las menas serpentiníticas, una oscilación mayor del relieve del piso de la corteza de meteorización y la aparición de serpentinitas mineralizadas (Figura 10). Además de esto el bloque C-4-2, en comparación con los vecinos, tiene una alta productividad relativa de níquel (28,2 en un fondo de 1,7 y 2,7).

Una situación geológica análoga (alta actividad tectónica, una zona de fracturas disyuntivas de diferente orden, existencia de brechas tectónicas en las ultrabasitas) se observa en la parte occidental de la región de Nicaro (Sol Líbano). Las cortezas ya fueron aquí explotadas, lo que facilita la búsqueda de la mineralización en las zonas de fractura entre las serpentinitas.

De tal forma se tienen perspectivas reales de elevar la base de materias primas de los yacimientos de níquel en las zonas de fracturas mineralizadas entre las ultrabasitas en calidad de materia prima para un nuevo proceso tecnológico, es decir, obtención de níquel por el método de fundición eléctrica.

Por analogía con la situación geológica existente en los Urales también es posible en Cuba la existencia de yacimientos de níquel del subtipo de carso de contacto. Premisa para ello lo es la existencia de una extensa zona de contacto entre las ultrabasitas y las calizas, el cabalgamiento de las calizas por las ultrabasitas y viceversa, un amplio desarrollo de las calizas del Ecceno Superior

y del Oligoceno con abundantes inclusiones de productos de las ultrabasitas meteorizadas, los movimientos neotectónicos en los bloques de contacto con las ultrabasitas y la existencia de manifestaciones cársicas a lo largo de los contactos de las ultrabasitas y las calizas.

Son también perspectivas las fracturas tectónicas de los conglomerados serpentiníticos corridos sobre las calizas.

Un representante típico de yacimiento de área de carso se debe considerar el bloque C-7 del yacimiento "Martí", donde el perfil serpentinita-laterita de la corteza de meteorización se desarrolla sobre calizas que tienen inclusiones de ultrabasitas. A este mismo tipo se refiere el yacimiento Montecristo [2] en la zona del contacto sur del macizo ultrabasítico Moa-Baracoa.

Los yacimientos de níquel del tipo carso de contacto pueden considerarse como pertenecientes al BTH del tercer grupo y pueden catalogarse como una fuente para la obtención de hierro-níquel por el método de fundición eléctrica. Ellas pueden ser localizadas a lo largo de todo el cinturón ultrabásico del norte de Cuba.

También se tienen posibilidades del descubrimiento de yacimientos de génesis compleja, relacionados con cortezas "secundarias" por sus productos de lavado y redeposición de las serpentinitas meteorizadas. Los productos del transporte mecánico de las partes inferiores de las cortezas residuales de meteorización, fuera de los límites de los contornos de los macizos ultrabasíticos, pueden dar una acumulación industrial de níquel en los límites de los bloques tectónicos hundidos. Tales lugares pueden ser descubiertos en las zonas de desarrollo de los conglomerados serpentiníticos del Maestrichtiano. Por sus propiedades tecnológicas estas podrían ser menos análogas a los BTH del primer y segundo grupo.

Como resultado de lo anterior se llega a las siguientes conclusiones:

- Las vías para el empleo óptimo de las lateritas niquelíferas de Cuba (valoración tecnológica) se determina durante el proceso de su estudio geológico.
- La variante de procesamiento metalúrgico escogida a su vez determina en gran medida el método de exploración geológica (red óptima de exploración, determinación de las áreas tecnológicamente homogéneas, fundamentación del sistema de muestreo tecnológico, determinación del sistema racional de mezclado de la mena).
- La vía óptima para el empleo racional de las lateritas radica en el consecuente trabajo conjunto de los geólogos, mineros y metalúrgicos de estos yacimientos y plantas.
- La aplicación consecuente de las recomendaciones dadas representaría un significativo efecto económico para la economía del país. (Tabla 2.)

u/n	Dirección del empleo óptimo	Incremento total del pro- ducto social (millones de pesos)	Incremento manal lei producto social bruto (millones de pesos)
-	N	c	4
-	Moboración de las menas de senerdo o los SEN	3 520	35,2
C1	Condiciones industristes equivalentes e los del CARE	28.160	261,6
n	Utilizaçión de las colas para le obtención de zceros	29 920	299,2
*	Utilización del horizonte de laterita conjuntamente con el de opres inestructuralos	158 400	1 594,0
'n	Busqueda de nusvos tipos da racimientos	16 772	125,7
Ę	Lodernizaçión de la metodología de exploración	143	;
			000

CDU 519.251.9:527.621:550.812(627.16)

- Boletín de Información Técnica. Ministerio de Minería y Metalurgia de Cuba. Artículos de revistas. Marzoabril de 1972, La Habana.
- 2. KORIN, I. Z., V. O. FINKO y P. D. COUTIN: "Geología y génésis de los yacimientos niquelíferos en la corteza de intemperismo de Cuba". En el libro Geología de los yacimientos minerales de Cuba. Ed. Nauka, 1973 (en ruso).
- 3. VALLE, F.: "Cuba en el CAME". Nedeia no. 5, 1974 (en ruso).
- 4. VERSHININ, A. S., CARLOS CROMBET E. y JOSE ARIOSA I.:
 "Sobre el levantamiento geólogo-tecnológico de la
 corteza de meteorización de las lateritas". Izvestia
 vuzov. Gorney zhurnal, no. 5, 1977 (en ruso).
- 5. VERSHININ, A. S., JOSE ARIOSA, RAFAEL PEREZ y ELMER RUZ: "Sobre los métodos óptimos de exploración del yacimiento 'Martí'". Izvestia vuzov. Geologia y razviedka, no. 4, 1978 (en ruso).
- 6. FINKO, V. I., I. Z. KORIN y F. FORMELL-CORTINA; "Sobre la edad de la antigua corteza de meteorizacion y las lateritas de Cuba". En el libro Geología y yacimientos minerales de Cuba. Ed. Nauka, Moscu, 1967 (en ruso).
- 7. VERSHININ, A. S., ALFREDO HURTADO G. y CARLOS CROMBET E.: "Varias particularidades de la estructura geologica y geoquímica de los yacimientos niquelíferos de la provincia de Oriente". En el libro La antigua corteza de meteorización de las hiperbasitas del norte de los Urales. Ed. del Instituto de Minas de Svierdlov, no. 118, 1975 (en ruso).
- 8. KUDRIASHOV, A. M.: "Particularidades geológicas del yacimiento Lipovsky y su rol en la localización de mineralización silicato-niquelifera". Autorreferencia de candidatura. Svierdlov, 1975 (en ruso).
- 9. KORIN, I. Z.: "Sobre los yacimientos del tipo carso de contacto en las cortezas de intemperismo". Izvestia AC-URSS, serie Geológica, no. 2, 1939 (en ruso).

ALGUNAS CONSIDERACIONES

SOBRE LA UTILIZACION DEL COEFICIENTE

DE PROBABILIDAD ESTADISTICA EN LA ELECCION

DE LA DENSIDAD OPTIMA

DE LAS REDES DE EXPLORACION

RESUMEN

En el trabajo que se presenta a continuación se hace un análisis de la necesidad de tomar en consideración y establecer el coeficiente de variabilidad "t" para la determinación de la densidad óptima de las redes de exploración.

Para esta demostración se tomaron dos bloques del yacimiento "Martí", en Nicaro, en los cuales se aplicaron los métodos estadísticos y de autocorrelación para determinar el valor adecuado del coeficiente de probabilidad "t" y a través de él, la densidad óptima de la red.