

ORGANISMOS REPRESENTADOS EN EL CONSEJO DE DIRECCION

Centro de Documentación
e Información Técnico-Eco-
nómica del Ministerio de
la Industria Básica.

Ministerio de Minería y
Metalurgia.

Dirección de Automatiza-
ción Industrial del Minis-
terio de la Industria Básica.

Dirección de Normas y
Metrología del Ministerio
de la Industria Básica.

Centro de Desarrollo de
Maquinaria.

Empresa Consolidada del
Petróleo.

Empresa Consolidada de
la Química.

Empresa Consolidada de
la Electricidad.

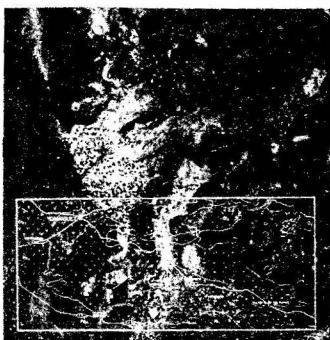
Empresa Consolidada de
Conformación de Metales.

Empresa Consolidada de
la Minería.

Facultad de Tecnología de
la Universidad de La
Habana.

Sumario

	Pág.
Constitución geológica y génesis de los minerales del campo aurífero Guáimaro, provincia de Camagüey, por Y. S. Maslov, V. F. Chzestakanova y M. Miralles.	3
Separación del hierro en el proceso de obtención ácida de alúmina, por Ing. Haydée Domenech	16
Metodología de las observaciones radiohidrogeológicas para el levantamiento hidrogeológico a escala 1: 1 000 000, por N. N. Lapshin	24
Aplicaciones industriales del gas natural, por G. Monnot.	29
El proceso de flotación da un nuevo aspecto a la indus- tria del vidrio, por Peter Ellwood	48
La más alta tensión del mundo en una línea experimen- tal, por Marcel Moreau	53
Producción de fertilizantes complejos en Francia, por I. I. Orejov y V. S. Merinov	65
Avances de la Ciencia y de la Técnica	70



REVISTA

Ministerio de la Industria Básica Habana - Cuba

PORTADA:

Diseño: Gerardo de la Torre

TEMA DE LA PORTADA

Ideas sobre el campo
mineral aurífero

Editada por el Centro de Documentación e Información Técnico-Económica. Ministerio de la Industria Básica. La Habana. Cuba. REDACCION: Carlos III 666. La Habana. Precio del ejemplar: \$0.50. Suscripción anual: \$2.50 Territorio Nacional. Se desea el cambio con las publicaciones congéneres —On accepte des échanges avec les publi-
cations congeneres—. Exchange with similar publication is desired—Si desidera il cambio colle pubblicazioni congene-
ri—Aceitam se permutas con publicacoes congenes—Wir bitten um Austausch hlichen Fachzeitschriften.

Metología de las observaciones radiohidrogeológicas para el levantamiento hidrogeológico a escala 1:1 000 000

ING. N. N. LAPSHIN

Dpto. de Ingeniería Geológica
INRH.

I. OBJETIVOS

Las observaciones radiohidrogeológicas que deben realizarse para evaluar la calidad de las aguas subterráneas son imprescindibles para la realización del levantamiento hidrogeológico a escala pequeña y mediana en el territorio de Cuba.

Durante el levantamiento hidrogeológico a escala 1:1 000 000, junto con el conjunto habitual de observaciones, se efectúa la toma de muestras de agua en puntos de agua para determinar el contenido de los elementos radiactivos: Uranio (U), Radio (Ra) y Radón (Rn).

Las observaciones radiohidrogeológicas persiguen los siguientes objetivos.

- a) Aclaración del carácter general radiohidrogeológico del territorio que debe ser llevado al mapa.
- b) Determinación del estimado (evaluación) de las aguas subterráneas y superficiales desde el punto de vista de la contaminación radiactiva de las mismas y posibilidades del aprovechamiento de estas aguas para tomar, así como de las aguas radónicas con fines medicinales.
- c) Revelación de las áreas favorables en relación con la búsqueda de mineralizaciones uránicas y de aguas radiactivas de valor balneológico e industrial.
- d) Determinación de las concentraciones de fondo de los elementos radiactivos en las aguas subterráneas de diferentes complejos litológico estratigráficos.
- e) Confección de un programa fundamentado de los trabajos radiohidrogeológicos.

II. RADIATIVIDAD DE LAS AGUAS NATURALES

Las aguas radiactivas se dividen en los tres grupos siguientes, de acuerdo con la cantidad de uno u otro elemento radiactivo que contengan: 1) uránicas, 2) de radio, 3) radónicas. Se encuentran aguas de composición compleja, donde se presentan dos, y a veces hasta tres elementos radiactivos. Las unidades de medida de la concentración de elementos radiactivos para el uranio y el radio son su contenido en g/l y para el radón, el emán^(x).

Para relacionar las aguas a los elementos radiactivos, se toman en consideración los siguientes límites de contenido: $U > 5 \cdot 10^{-5}$ g/l; $Ra > 5 \cdot 10^{-1}$ g/l; $Rn > 10$ emán. Se prohíbe usar como aguas potables las que sobrepasen estos límites.

(x) Eman. Es una unidad de la cantidad de emanaciones de radio en un litro de agua, lo que es igual a $(1 \times 10^{-10}$ Curie). También es igual a 0,275 Mage.

Aguas uránicas. Se encuentran principalmente en regiones secas, lagunas de aguas estancadas, ríos de poca agua y en los límites de la zona de un intercambio intenso de las aguas subterráneas. Hay lagunas, ríos y arroyos, donde a consecuencia de la evaporación la cantidad de uranio puede alcanzar $5 \cdot 10^{-4}$ g/l.

El enriquecimiento de las aguas por uranio en la zona de intercambio de agua intensivo está condicionado por la lixiviación de este elemento en las rocas así como la disolución de minerales secundarios uránicos.

Aguas con radio. Están ampliamente propagadas entre las rocas sedimentarias y metamórficas. Se forman en las estructuras cerradas, donde la mineralización total de las aguas subterráneas alcanza 300 g/l, es decir, prácticamente se considera salmuera con predominio de ClNa a Cl-Na-Ca . Las aguas con radio se forman a consecuencia del radio lixiviado de las rocas con contenido normal distribuido de elementos radiactivos. El contenido de radio puede alcanzar $n \cdot 10^{-9}$ g/l (donde n = índice numérico).

Aguas radónicas. Están distribuidas principalmente en la corteza de erosión de las rocas ácidas magmáticas y sedimentario-metamórficas con alto contenido de elementos radiactivos.

La formación de las aguas naturales de este grupo depende de dos factores principales: contenido de radio en las rocas y coeficiente de emanación de las mismas.

En tres casos puede observarse gran contenido de radón en las aguas subterráneas:

- 1) Cuando el coeficiente de emanación es alto y está condicionado por fracturación tectónica intensiva de las rocas.
- 2) Con el segundo enriquecimiento de las rocas por radio a consecuencia de los procesos de sorción.
- 3) Con la presencia de concentraciones de minerales en las rocas.

Cuando los coeficientes de emanación son demasiado altos, el contenido de radón en las aguas de rocas magmáticas de composición ácida no pasa de 200-400 eman. Con el segundo enriquecimiento de las rocas por radio, pueden crearse colectores de muy alta emanación, lo que lleva a las aguas a un gran enriquecimiento de radón (hasta 2 000-3 000 eman).

III. MÉTODO DE LAS OBSERVACIONES DE CAMPO RADIO-HIDROGEOLÓGICAS DURANTE LA REALIZACIÓN DEL LEVANTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

Las observaciones radiohidrogeológicas durante el levantamiento hidrogeológico se componen de los siguientes tipos de trabajo:

- 1) Cartografía y muestreo de los puntos de agua (corrientes de agua, depósitos de agua, fuentes, pozos, calicatas, excavaciones, callas perforadas, etc.)
- 2) Toma de muestras de agua y de rocas y determinación en las mismas de los elementos radiactivos.
- 3) Interpretación de los datos de las observaciones de campo.

a) Cartografía y muestreo de los puntos de agua:

Todas las corrientes y embalses de aguas superficiales se muestrean para conocer el contenido de uranio en los mismos y los puntos de donde se toma el agua se llevan al mapa. El número de puntos de muestreo en cada caso concreto depende de la concentración de elementos radiactivos para el área cartografiada, pero no debe ser menor del 25% de los puntos muestreados para el levantamiento hidrogeológico.

El muestreo de las aguas de las corrientes superficiales muy frecuentemente se lleva a cabo aguas arriba y aguas abajo de los ríos con intervalos determinados o dependientemente de la constitución geológica; las muestras también se toman en los afluentes de los ríos.

La toma de muestras para conocer la cantidad de uranio en las corrientes de agua debe realizarse en unos cuantos lugares del mismo curso, a diferentes distancias de la margen. En los grandes depósitos, las muestras de agua se toman, no sólo de las márgenes, sino de su parte media. Para la toma de muestras a diferentes profundidades se utiliza el muestreador del sistema de Simonov. La toma de muestras de agua en los embalses se hace conveniente-

mente, ya sea en la temporada de seca o en la de lluvias.

La cartografía y muestreo radio-hidrogeológico de las fuentes, pozos, calas, minas y otras excavaciones se hace de manera que sea posible caracterizar, en relación con la radioactividad, las aguas subterráneas de los diferentes complejos lito-estratigráficos, que se encuentran en diferentes condiciones geoestructurales. Si en la región de observación hay muchas fuentes de aguas subterráneas, entonces, en primer lugar, se forman fuentes situadas en las rocas madres. Los manantiales y pozos en las regiones de humedad excesiva se forman en la temporada seca del año, esto garantiza la revelación más clara de la unión genética de las aguas subterráneas con sus fuentes de mineralización.

En los lugares de yacimientos de minerales metálicos (hierro, cobre, plomo y otros) y no metálicos (carbón, petróleo, toba y otros) se muestrean casi todos los yacimientos de agua.

Durante el muestreo del manto acuífero, con el fin de conocer el contenido de elementos radiactivos, se hace un aforo para que se aleje de la cala perforada el líquido de lavado y obtener exclusivamente el agua subterránea que entra del manto freático. El aforo puede ser de corto tiempo.

Durante los aforos hechos para el muestreo radioquímico se pueden utilizar cucharas de sondeo y diferentes tipos de bombas.

b) Toma de muestras de agua y determinación de los elementos radioactivos.

El método correcto de tomar las muestras de agua para determinar los elementos radioactivos es una de las condiciones requeridas de las observaciones radio-hidrogeológicas.

Tanto el método de determinación como la regla de toma de muestras de agua para determinar el uranio, radio y radón son completamente diferentes. A consecuencia de esto las muestras de agua para cada elemento deben tomarse aparte.

La toma de muestras de agua para determinar el contenido de **uranio** se hace de la siguiente manera:

- 1) Para determinar el uranio diluido por métodos rápidos las pruebas se toman en cantidad no menor de 300 ml.
- 2) Para tomar las muestras se usan frascos corrientes de vidrio, bien lavados. Antes de tomar las muestras los frascos se enjuagan con agua del lugar muestreado.
- 3) La toma de la muestra se hace llenando el frasco con agua del chorro, sacándola del manatíal o pozo.
- 4) El agua para tomar debe ser bien limpia y transparente, sin mezclas mecánicas. Si se hace necesario tomar agua turbia entonces ésta debe filtrarse a través de algodón hidróscópico.
- 5) Si la muestra tomada no contiene en lo absoluto mezclas mecánicas y es necesario un largo plazo para su transporte se acidifica rápidamente con 5-10 ml de ácido clorhídrico concentrado químicamente puro; si la muestra es turbia, la acidificación se hace después de la filtración.

La toma de muestras de agua para determinar el contenido de radio se hace teniendo en cuenta las siguientes reglas:

- 1.— Para determinar el radio por el método radioquímico el volumen de la muestra debe ser igual a un litro. Para determinar el radio por métodos físicos (al vacío y por circulación) en las aguas altamente mineralizadas (salmueras), no menos de 300/ml y en las aguas con poca mineralización no menos de 1 litro (por consiguiente la muestra se evapora hasta la cantidad de 300 ml).
- 2.— Durante la toma de muestras deben mantenerse las mismas condiciones que durante la toma de muestras para el uranio y para el análisis químico habitual.

Durante la toma de muestras de agua para determinar el contenido de radón deben observarse las siguientes reglas:

1. Las muestras de agua (en cantidad de 100/ml) se toman en pequeños recipientes.

tes cilíndricos de metal o de vidrio (con diámetro de 5 cm y altura de 10 cm) llamados "lavaderos" con capacidad de cerca de 200 ml. En los lavaderos previamente se hace el vacío por medio de una bomba especial y por consiguiente el radón, contenido en el agua del lavadero, se pasa a la cámara especial geonización.

2. Cuando no hay lavaderos las muestras de agua pueden tomarse satisfactoriamente de las fuentes de autovertimiento en frascos corrientes de vidrio de cualquier dimensión. El relleno de agua de los frascos debe hacerse por medio de un tubo de goma corto, uno de cuyos extremos se coloca debajo del chorro de agua, y el otro se baja al fondo del frasco.

Después de llenar el frasco se saca el tubo de goma lentamente, se cierra bien con una buena tapa y luego en el laboratorio se extraen 100/ml de agua por medio de vacío.

3. Las muestras de agua deben tomarse de la fuente a la máxima profundidad posible, para evitar tomar agua gaseosa y la entrada de aire o burbujas de gas al recipiente. La radiactividad del gas, por regla general es mucho mayor que la radiactividad del agua, por eso incluso una pequeña cantidad de gas en el recipiente puede alterar los resultados de la determinación.
4. En este caso, cuando el agua sale en forma de fuente de poco vertimiento, es necesario profundizar un poco cerca del lugar del afloramiento y después de un tiempo se toma la muestra.
5. Después de tomar la muestra de agua, en el lavadero o en el frasco se pega una etiqueta señalando el número de la muestra, las condiciones de su toma, fecha y tiempo de la toma y se hacen las anotaciones necesarias en la libreta de campo.

c) Interpretación de los datos de las observaciones radiohidrogeológicas.

La interpretación de los datos radiohidrogeológicos es la parte final y más

importante de las observaciones radiohidrogeológicas.

Cuando se hace el estimado de cualquier punto de agua hay que tener en cuenta no solamente los contenidos de elementos radiactivos en el agua, sino también el aumento de estos contenidos sobre el fondo radiohidrogeológico natural, esto es, la cantidad media de elementos radiactivos en las aguas de la región de observaciones. Si el contenido de elementos radiactivos en las aguas sobrepasa del valor de fondo, entonces se dice que existe una anomalía radiohidrogeológica. En muchos casos semejantes anomalías están relacionadas con la presencia de mineralización uránica.

Las anomalías radiohidrogeológicas se presentan lo mismo en un punto de agua, que en la serie completa.

La interpretación de las anomalías radiohidrogeológicas debe hacerse después de un buen trabajo en el campo, así como después de haber hecho la elaboración completa de los datos radiohidrogeológicos. Para esto es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1.— La concentración de uranio en las aguas subterráneas se determina no sólo por la composición sustancial de las rocas absorbentes y composición química de las aguas, sino por el carácter del ambiente hidroquímico.
- 2.— La interpretación de las anomalías radiohidrogeológicas y las conclusiones en relación con la presencia de uranio son posibles solamente cuando el medio ambiente geoquímico sea homogéneo.
- 3.— Junto con las anomalías del uranio diluido en agua, así como del radio y radón, hay que tener en cuenta:
 - a) Forma de las zonas de anomalías.
 - b) Carácter de la estructura geológica de la zona.
 - c) Condiciones geomorfológicas e hidrogeológicas.
 - d) Relación entre las rocas anómalas y los mantos estratigráficos determinados.
 - e) Mineralización de las aguas subterráneas y su composición química y gaseosa.

4.— La forma de las zonas anómalas depende de la presencia de las fracturaciones (fallas inversas) del relieve del lugar y de la presencia de las zonas con descarga en la superficie o en las aguas subterráneas de los mantos profundos de aguas de presión. La forma de las zonas anómalas puede condicionarse también por la configuración de los yacimientos de minerales uránicos.

5.— Las anomalías radio-hidrogeológicas pueden tener diferentes orígenes. En muchos casos se condicionan por la presencia de cuerpos uránicos. Estas anomalías se llaman "verdaderas". Las anomalías de otro origen deben llamarse falsas.

Las anomalías falsas se forman:

- a) Como resultado de la evaporación intensa de las aguas subterráneas, de zanjas de aguas estancadas o de las aguas de embalses superficiales.
- b) En presencia de altas cantidades de uranio móvil distribuido en las rocas madres.
- c) En presencia de grandes cantidades de uranio móvil distribuidas en las rocas, principalmente bajo la acción de aguas de sosa.

6.— Durante la interpretación de los datos radio-hidrogeológicos debe prestarse atención, principalmente, al estimado de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales según los análisis radioquímicos, en relación a la posibilidad de su aprovechamiento por la población tanto para beber como para otros fines.

Las concentraciones máximas permisibles de las sustancias radiactivas en el agua para el abasto centralizado y local de agua potable se dan en la tabla que está a continuación.

CONCENTRACIONES PERMISIBLES DE LOS ELEMENTOS RADIATIVOS EN LAS AGUAS POTABLES

Nombre del elemento	Contenido Símbolo	de sustancias radiactivas		
		Curie/l	Eman	g/l
Radio	Ra 226	5.10 ⁻¹¹	—	—
Radiotorio	Ra Th 228	5.10 ⁻¹¹	—	—
Radón	Rn 222	1.10 ⁻¹¹	10	—
Torón	Th 220	1.10 ⁻¹¹	—	—
Uranio nat. U nat.		—	—	5.10 ⁻⁵

Las concentraciones máximas permisibles de las sustancias radiactivas en el agua de los embalses abiertos, que han de utilizarse para las necesidades comunes (ríos, lagos, estanques, etcétera) son 10 veces mayores que los señalados en la tabla.

7.— En el mapa del material real hay que señalar todas las zonas de anomalías radio-hidrogeológicas de acuerdo con sus límites posibles.

En el mapa se anexa la relación de todas las anomalías y su característica breve.

BIBLIOGRAFÍA

1. Guía de dirección para hidrogeólogos. Editora "Niedra", Moscú. 1967.
2. Dirección metódica sobre el levantamiento hidrogeológico a escala 1:1000 000 — 1:500 000 y 1:200 000 y 1:100 000 — Gosgebltexlzdat, Moscú. 1961.