

Príspevok k metodike interpretácie pôdnej ortuťometrie

JÚLIUS GÉCZY,* IVAN MARUŠIAK, ml.**

* Geofyzika, gen. Muchu 5, 052 01 Spišská Nová Ves

** Geofyzika, Geologická 18, 825 52 Bratislava

Doručené 8. 10. 1984

Заметки к методике интерпретации почвенной ртутеметрии

Почвенная ртутеметрия уже несколько лет используется в комплексе геофизических методов. Познание источников и определение антропогенной и природной контаминации почв позволяет исключить кажущиеся аномалии ртути и тем самым улучшить интерпретацию результатов ртутеметрических измерений.

Contribution to the metodics of soil mercurymetry interpretation

Soil mercurymetry has been used in the complex of geophysical methods for several years. Recognition of sources and determination of anthropic and natural contamination of soils enable to eliminate false Hg anomalies and thus they make the interpretation of mercury measurement results more effective.

Koncom 70. rokov sa začala využívať v komplexe geofyzikálnych metód ortuťometria v laboratórnej modifikácii. Interpretácia výsledkov pôdnej ortuťometrie v dôsledku nedostatočnej znalosti geochemie Hg v hypergénnych podmienkach bola problematická a nejednoznačná. Hg vytvára množstvo falošných anomálií. V predkladanej práci venujeme najväčšiu pozornosť zdrojom a určeniu antropogénnej a prírodnej kontaminácie, ktoré tieto falošné anomálie vytvárajú.

Metodika odberu vzoriek a ich analýza

Pôdne vzorky sa pre ortuťometriu odberajú z podhumusovej vrstvy pozdĺž vy-

týčených geofyzikálnych profilov. Krok odberu závisí od podrobnosti prieskumu, obyčajne je 20 m. Obsah Hg sa stanovuje ortuťometrom HGG-3 z pár metódou suchej destilácie vzoriek.

Geochemia Hg

Dôležitým predpokladom pre racionálne využitie ortuťometrickej metódy prospekcie je poznanie zákonitostí rozšírenia a migrácie Hg. V geochemii Hg sú dôležité jej vlastnosti ako schopnosť sublimácie, tvorenie amalgámov, aktívna účasť na sorpcii a desorpcii (Chairetdinov, 1971).

Základnú predstavu o rozšírení Hg v zemskej kôre a v jednotlivých geosférach

získame z klarkových hodnôt. A. A. Saukov et al. (1972) uvádzajú priemerný obsah Hg v zemskej kôre 45 ppb, v hydrosfére 1 ppb, v pedosfére 30 ppb a v atmosfére 0,5 — 20 mg · m⁻³. V horninách býva obsah Hg v rozmedzí 10 — 90 hm. ppb.

Najvyššiu koncentráciu Hg pozorujeme v hydrotermálnych ložiskách. Vďaka svojmu migračným schopnostiam vytvára Hg okolo ložísk široké primárne aureoly, ktoré sú obyčajne širšie ako pri iných chalkofilných prvkoch. Primárne aureoly Hg sa našli v ložiskách rôznych typov: sulfidno-ortutných, antimónových, zlatých a zlato-strieborných, polymetalických, kýzových (Saukov et al., 1972), barytových a fluoritových (Friedrich — Pilger, 1971). Morfologicky primárne aureoly Hg patria k líniovým, infiltračným aureolám, vyvinutým najviac pozdĺž kontaktov hornín, zlomov a puklín.

Vysoký ionizačný potenciál Hg spôsobuje, že sa ortuť zo zlúčenín a väzieb mení na rýdzu. Je to pomalý, nezvratný proces premeny Hg z rôznych foriem výskytu na ľahko sublimujúce formy. Prebieha v rôznych horninách, ale pomer voľných pár Hg k viazanej Hg je v rudných telesách 5000 — 10 000 krát vyšší ako v horninách. Po uvoľnení zo zlúčenín Hg sublimuje prevažne k povrchu, a to v závislosti na spojení zdroja s nadložnými horninami. Väčšiu časť tejto ortute sorbujú pokryvné útvary, zvyšok tvorí plynnú aureolu v pôdnom vzduchu a v atmosfére. Sorpčné aureoly obsahujú až 90 % sublimovanej Hg z ložiska (Fursov, 1977). Ich rozšírenie a intenzita závisí okrem tektonickej spojitosti so zdrojom aj od hĺbky a úložných pomerov zdroja, jeho rozsahu a v nemalej miere od vlastností pokryvných útvarov čiže sorbentu. Najvýznamnejšie prírodné sorbenty Hg sú ílové minerály a hydráty oxidov Fe, Mn a Al. Nezistili sa rozdiely v obsahu Hg v zá-

vislosti na type pôdy.

Interpretácia pôdnej ortuťometrie

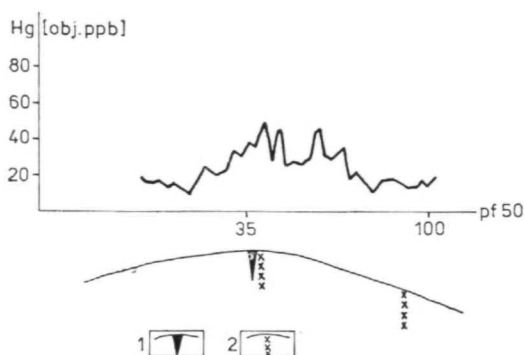
Nasledujúce poznatky sme získali prehodnotením pôdnych ortuťometrických meraní v oblasti Kremnických vrchov (Đurátný et al., 1977; Panáček, 1978), Slovenského rudohoria a v centrálnej časti Volojských vrchov (Kucharič, 1982). Na príklade týchto oblastí objasňujeme pôvod anomálií podľa ich tvaru a ich vzťahu ku geológii, morfológii a vegetácii.

Pri vyhodnocovaní výsledkov ortuťometrických meraní musíme vyriešiť tri základné úlohy — vymedziť lokálne anomálie, určiť falošné anomálie a na základe geologicko-štruktúrnych, geomorfologických kritérií posúdiť anomálie, ktoré ostanú po vylúčení falošných anomálií a anomálií nad známymi rudnými výskytmi.

Vymedzenie lokálnych anomálií

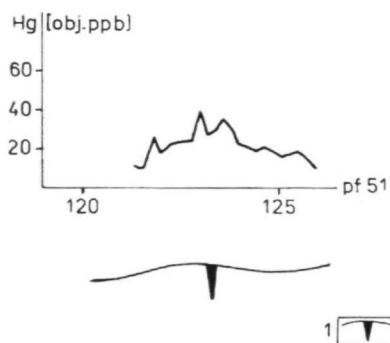
Základom pre vymedzenie lokálnych anomálií Hg je matematicko-štatistické spracovanie analytických údajov či už pomocou počítačovej techniky alebo pravdepodobnostného papiera. Vďaka vysokej citlivosti prístroja HGG-3 neskresľujú sa základné štatistické parametre. Rozdelenie početností obsahu Hg v pôdach Kremnických vrchov a oblasti Mníšek nad Hnilcom — Medzev je monomodálne, lognormálne, čo súvisí nielen s rovnomerným rozdelením fónovej Hg v pôdach, ale tiež s veľkým počtom analyzovaných vzoriek z daného územia (rádovo tisíce hodnôt). V hodnotách fónového obsahu v pôdach nad rozličnými typmi hornín nie sú veľké rozdiely, preto netreba súbor rozdeľovať na podsúbory podľa litológie.

Hranicu anomálie určujeme najmä analógicky. Napríklad v oblasti severne od Medzeva je obsah Hg v pôde nad sideritovými a kremeňovo-ankeritovými žilkami



Obr. 1. Hg v pôdach nad kremeňovo-ankeritovou žilou Kauligov vrch (lokalita Mníšek nad Hnilcom — Medzev, geofyzikálny profil 50, metráž 93,0 — 100,0). 1 — žila, 2 — zlom

Fig. 1. Hg in soils above the Kauligov vrch quartz — ankerite vein. (The Mníšek nad Hnilcom — Medzev locality, geophysical profile No 50, 93.0 — 100.0). 1 — vein, 2 — fault



Obr. 2. Hg v pôdach nad sideritovou žilou Pivering (lokalita Mníšek nad Hnilcom — Medzev, geofyzikálny profil 51, metráž 122,0 — 126,0). 1 — žila

Fig. 2. Hg in soils above the Pivering siderite vein. (The Mníšek nad Hnilcom — Medzev locality, geophysical profile No 51, 122.0 — 126.0 m). 1 — vein

tický priemer, δ je smerodajná odchýlka). V oblastiach, kde nemôžeme použiť princíp analógie, za hranicu anomálie považujeme hodnotu $x + 2\delta$.

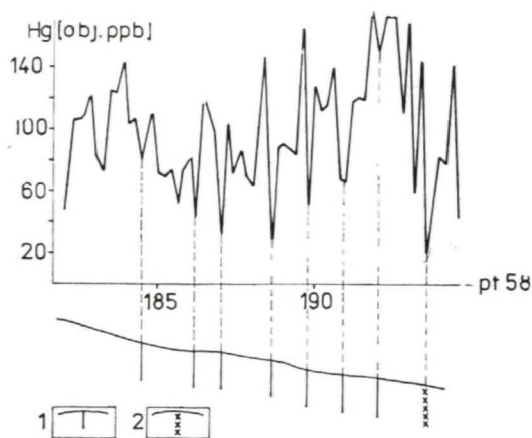
Určenie falošných anomálií

Za falošné anomálie označujeme anomálie spôsobené rôznymi typmi kontaminácií, anomálie vznikajúce analytickými chybami, anomálie spôsobené zlým vzorkovaním. Ďalej sú to anomálie vyvolané primárne zvýšeným obsahom Hg v hornine (Bouška et al., 1980).

Správnosť analýzy overujeme odberom a analýzou kontrolných vzoriek. Pomocou Wilcoxonovho a t-testu zisťujeme (napr. Dempér, 1982), či rozdiely medzi základným a kontrolným súborom sú len náhodné alebo zákonité. Doterajšie výsledky svedčia o vierohodnosti analýz.

V okolí Mníška nad Hnilcom vystupuje na niekoľkokilometrových úsekoch netypické anomálne pole Hg. Krivka obsahu Hg vyzerá, akoby bola prevrátená. Pozadie Hg je vysoké, dosahuje anomálne hodnoty, a nad štruktúrnymi líniami (zlomami a kontaktmi hornín) sú vytvorené výrazné negatívne anomálie (obr. 3). Z toho usudzujeme, že Hg je v týchto pôdach antropogénneho pôvodu. Za zdroj Hg v skúmanej oblasti považujeme úpravňu rúd v Rudňanoch a Kovohutu v Krompachoch. Odhadujeme, že z uvedených metalurgických závodov emitujú za rok tony ortute. V atmosfére sa Hg viaže na prachové častice, ktoré rozptyľuje vietor. Najmä zrážkami sa dostáva Hg do pôdy. Rozsah a stupeň znečistenia okolia jednotlivých zdrojov Hg závisí od množstva emisií, výšky komína, tepelnej výdatnosti exhalácií, smeru a rýchlosti vetra, množstva zrážok a morfológie terénu. Pretože fónový obsah Hg v pôde býva veľmi nízky, množstvo spadnutej Hg môže prevýšiť fón a ovplyvniť rozdelenie Hg na veľké vzdia-

mi približne $x + \delta$, pričom je zreteľná pozitívna anomália (obr. 1, 2). Preto za hranicu anomálie môžeme v tejto oblasti považovať i hodnotu $x + \delta$ (x je aritme-



Obr. 3. Príklad antropogénnej kontaminácie pôd ortuťou [lokalita Mníšek nad Hnilcom — Medzev, geofyzikálny profil 58, metráž 182,0 — 194,4]. 1 — kontakt hornín, 2 — zlom
Fig. 3. An example of anthropic contamination of soils by mercury. (The Mníšek nad Hnilcom — Medzev locality, geophysical profile No 58, 182.0 — 194.4 m). More detailed explanations are in the text. 1 — contact of rocks, 2 — fault

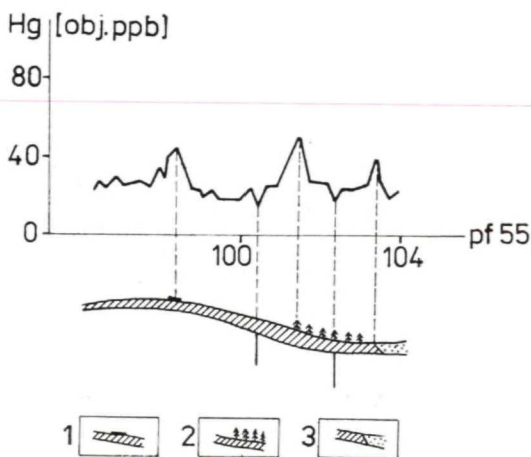
lenosti, v našom prípade do 10 km.

Okrem metalurgického priemyslu sú príčinou kontaminácie pôdy aj banské práce, spaľovanie uhlia, cementárne, tehelne a elektrolýza NaCl. Znečistenie banskou činnosťou je známe (Levinson, 1976). Pri oxidácii sulfidov v haldách, lomoch, dobývaní blízko povrchu sa vytvárajú kyslé vody, ktoré obsahujú aj Hg, ak bola v sulfidoch viazaná. Tieto vody postupujú do riečnej siete, pritom kontaminujú blízku pôdu. Z úpravníckych kalov sa pevné jemné častice môžu rozptyľovať mechanicky, vodou alebo vetrom do značných vzdialeností podľa morfológie terénu. Pri spaľovaní uhlia, výrobe cementu a tehál sa do ovzdušia uvoľňuje Hg v závislosti od množstva spracovanej suroviny a obsahu Hg v surovine. Napríklad pri spálení 1000 kt uhlia s priemerným obsahom Hg 1 ppm a za predpokladu, že 90 % z cel-

kového množstva Hg sa uvoľní do atmosféry, emituje 0,9 t Hg. Tepelná elektrárň Nováky spotrebuje ročne asi 4000 kt hnedého uhlia (Anonym, 1984).

Antropogénna kontaminácia sa prejavuje vysokým pozadím a vytváraním negatívnych anomálií na zlomoch a kontaktoch hornín. Negatívne anomálie môžeme vysvetliť jednoduchým mechanizmom: Zdroj antropogénnej Hg je na povrchu, hlavný smer jej pohybu je zhora nadol. Pri silných dáždoch sa na štruktúrnych línách cirkuláciou povrchovej vody vyplavuje Hg a tvoria sa negatívne anomálie. V oblastiach fónového výskytu Hg závislosť obsahu Hg na prítomnosti štruktúr nepozorujeme. V územiach, kde môžeme očakávať antropogénnu kontamináciu, je výhodné použiť horninovú ortuťometriu.

Pri sledovaní závislostí ortuťometrie od



Obr. 4. Príklady geochemických bariér pre migráciu Hg v pôdach a ich prejav v ortuťometrii [lokalita Mníšek nad Hnilcom — Medzev, geofyzikálny profil 55, metráž 96,0 — 104,0]. 1 — poľná cesta, 2 — hranica lesa, 3 — hranica alúvia

F.g. 4. Examples of geochemical barriers for the migration of Hg in soils and their manifestation in mercurymetry. (The Mníšek nad Hnilcom — Medzev locality, geophysical profile No 55, 96.0 — 104.0). 1 — field path, 2 — boundary of wood, 3 — boundary of alluvium

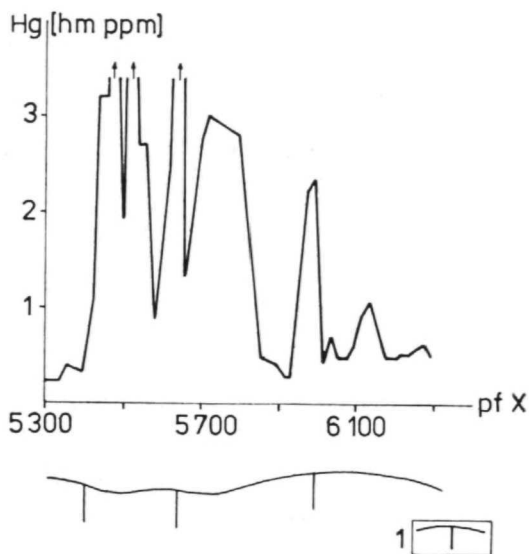
morfológie terénu a vegetačného pokryvu sme pozorovali častý výskyt málo výrazných anomálií, napr. na hranici lúky a leša, v tesnej blízkosti lesných a poľných ciest, na styku delúvia a alúvia (obr. 4). Pôvod týchto anomálií objasňujeme migráciou fónovej Hg v zóne hypergenézy a označujeme ich ako prírodné kontaminácie. Hg môže migrovať v oxidačných vodách s kyslým až slabokyslým pH a v glejových vodách s kyslým aj zásaditým pH (Pereľman, 1977). Migrácia Hg v pôdnych roztokoch kyslých a slabokyslých lesných pôd je preto celkom pravdepodobná, najmä ak berieme do úvahy kyslú povahu súčasných zrážok, s pH blízkym 4 (Anonym, 1982). Vyššie uvedené morfológické a vegetačné hranice predstavujú pre pôdne roztoky geochemické bariéry. Pri rekognoskácii terénu a pri odbere vzoriek treba preto zaznamenať všetky zmeny v charaktere pôdy, rastlinného pokryvu a morfológie terénu.

Perspektívne anomálie Hg

Pri pôdnej ortuofetrii sa snažíme nájsť vlastné sekundárne aureoly, t. j. pokračovanie primárnej aureoly v pôde.

V skrytých ložiskách môžeme podľa charakteru primárnych aureol Hg predpokladať anomálny obsah Hg v pôde nad kontaktmi hornín, zlomami a puklinami, ktoré priestorovo súvisia so zrudnením. Podľa šírky a kontrastnosti anomálie môžeme posudzovať hĺbku a kvantitu zdroja Hg. Čím sú anomálie Hg nad štruktúrou širšie a kontrastnejšie, tým je mineralizácia bližšie k povrchu a obsahuje viac Hg. Zlomky, ktoré majú v hraniciach ložiska len fónový obsah Hg, sú pravdepodobne porudného veku (Saukov et al., 1972).

Ako príklad perspektívnej anomálie uvádzame anomáliu Hg v okolí Kunešova v Kremnických vrchoch (obr. 5).



Obr. 5. Príklad perspektívnej anomálie Hg v Kremnických vrchoch (lokalita Kunešov, geofyzikálny profil X, metráž 5300 — 6500). 1 — kontakt hornín

Fig. 5. An example of the perspective anomaly in the Kremnické vrchy Mts. (The Kunešov locality, geophysical profile No X, 5,300 — 6,500 m). 1 — contact of rocks

Anomálie, ktoré považujeme za perspektívne pre výskyt nejakej mineralizácie z hľadiska ortuofometrie, korelujeme s komplexom geofyzikálnych metód. Vybrané úseky odporúčame detailnejšie skúmať.

Literatúra

- Anonym, 1982: Ročenka meraní znečistenia ovzdušia na území SSR (1980 — 1981). Manuskrípt — archív SHMÚ Bratislava.
- Anonym, 1984: Bilancia emisií SSR. REZZO I za rok 1982. II. časť — Stredoslovenský kraj. Manuskrípt — archív SHMÚ Bratislava.
- Bouška, V. et al. 1980: Geochemie. Academia, Praha.
- Dempér, J. 1982: Kontrola správnosti analytických výsledků. Geol. Průzk., 6. s. 174 — 176.

- Ďuratný, S. — Kollár, L. — Panáčec, A. — Pospíšil, L. — Stránska, M. — Vybíral, V. 1977: Geofyzikálny výskum metalogenetických zón stredoslovenských neovulkanitov, oblasť Kremnica-západ. [Etapová správa.] *Archív Geofyzika Bratislava*.
- Friedrich, G. H. — Pilger, A. 1973: Geochimické poiski barytových i fluoritových mestoroždenij. In: *Geochimické poiski*. Ed. R. Boyle. [Ruský preklad.] Moskva, Mir, s. 71 — 76.
- Fursov, V. Z. 1977: Poiski rudnych mestoroždenij po gazovym oreolam razsejaniya rtuti. *Sov. Geol.*, 4, s. 55 — 65.
- Chairetdinov, I. A. 1971: K voprosu o gazovykh oreolach rtuti. *Geochimija*, 6, s. 668 — 683.
- Kucharič, L. 1982: SGR — Geofyzika II. Etapová správa, oblasť Mníšek nad Hnilcom — Medzev. *Archív — Geofyzika Bratislava*.
- Levinson, A. A. 1976: Introduction to exploration Geochemistry [ruský preklad]. Moskva, Mir.
- Panáček, A. 1978: Geofyzikálny výskum metalogenetických zón v stredoslovenských neovulkanitoch, oblasť Kremnica-juh. *Manuskript — archív Geofyzika Bratislava*.
- Pereľman, A. I. 1977: Biokosnyje sistemi zemli. Moskva, Nauka.
- Saukov, A. A. — Ajdinjan, N. Ch. — Ozerova, N. A. 1972: Očerki geochimii rtuti. Moskva, Nauka.

Contribution to the methodics of soil mercury interpretation

Mercury is used as an indicator element for prospecting of different types of sulphide, barite and fluorite ores. Interpretation of soil mercury results is problematic. We must solve three basic tasks by evaluation of measurement results: to define local anomalies, to determine false anomalies and to evaluate the perspective anomalies, which have remained after elimination and those, which are situated over the well-known ore occurrences.

We have determined the aureole boundary (limit) according to the manifestation of mercury in soils which are over well-known ore occurrences. This limit can reach relatively low values of $x + \delta$, where x is an arithmetical mean and δ is a standard deviation (Fig. 1, 2).

We consider mining activity, metallurgical industry, coal burning, cement works, brickworks and electrolytic effect of NaCl anthropic sources of Hg contamination. The contaminated sections on profiles as a result of anthropic contamination are characterised by high background and by the formation of ne-

gative anomalies on faults and contact zones of rocks (Fig. 3).

Natural contaminations are caused by the migration of background Hg in the zone of weathering. The migration of mercury stops on geochemical barriers, in that way false anomalies are formed. We can observe anomalous content of Hg e. g. at the boundary of a meadow and a wood, at the nearness of wood and field paths and at the contact of deluvium and alluvium (Fig. 4). We can connect these anomalies with sorption barriers.

We can assume anomalous contents of Hg in soils above contacts of rocks, faults and joints, which are spatially connected with buried deposits. The faults, which have only background contents of Hg are probably younger than ore bodies (Saukov et al., 1972).

We correlate the anomalies, which are considered to be perspective from the point of view of mercury interpretation, with the complex of geophysical methods. We recommend some selected sections for more detailed prospecting.