

Mineralia slov.
20 (1988), 6, 551—560

Overenie metódy hydrogeochemickej rudnej prospekcie v kryštaliniku Nízkyh Tatier

LUBOMÍR ZAJAC*, STANISLAV RAPANT**

* Katedra geochemie PF UK, Mlynská dolina, pavilón G, 842 15 Bratislava

** Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Doručené 31. 8. 1987

Оценка метода гидрогеохимических рудных поисков в кристалликуме Низких Татр, Средняя Словакия

Целью этой работы была оценка возможности использования гидрогеохимических рудных поисков в кристалликуме Западных Карпат. Геологоразведочные работы на территории с известной вольфрамо-золотой минерализацией в районе Ясеня и сурьмяных месторождений Магурки и Дубравы в Низких Татрах подтвердили возможность использования этого метода при поисках этих руд.

Essay of hydrogeochemical prospection method in the crystalline of the Low Tatra Mts., Central Slovakia

The aim of the work was to prove the possibility of use of the hydrogeochemical method in ore prospection within crystalline terranes of the West Carpathians. The investigation realized in the area of a tungsten-gold ore prospect near Jasenie and in the Magurka and Dúbrava antimony ore districts in the Low Tatra Mts. proved full applicability of indicated methods in the practice of ore prospection.

Hydrogeochemická prospekcia je jednou z geochemických metód vhodných na rýchle zhodnotenie perspektívnosti pomerne veľkých území. Vo svete sa hojne využíva, výborné výsledky zaznamenala najmä v ZSSR. Keďže v Západných Karpatoch sa dosiaľ bežne nepoužívala, bolo zaujímavé overiť jej použiteľnosť na Slovensku. Študované územie sa nachádza v západnej časti Nízkyh Tatier a zaberá

podstatnú časť kryštalinika Ľumbierskej zóny Nízkyh Tatier.

Geografická charakteristika oblasti

Podľa Lukníša (1972) patrí študovaná oblasť prevažne medzi stredovysočiny (800—1 500 m n. m.) a menej aj medzi vysoké vysočiny (vrcholové časti s maximálnymi nadmorskými výškami do 2 050 m).

Typom reliéfu patrí medzi vyššie hornatiny s relatívnym výškovým rozpätím 471—640 m. Preň sú typické úzke doliny a strmé svahy (často skalnaté) porastené ihličnatými lesmi. Vo vrcholových častiach územia sa na obmedzených plochách vyskytuje aj veľhornatinový typ reliéfu s prevažne nezalesneným bralnatým povrchom (najmä zo severu). Vzhľadom na menšiu periglaciálnu modeláciu je južný svah hlavného hrebeňa oble vyklenutý, a preto je pohorie priečne nesúmerné.

Pôdny kryt v študovanej oblasti tvoria hnedé lesné pôdy, ktoré sú vo výškach nad 900—1 000 m n. m. do rôznej miery podzolané a prechádzajú až do pôd podzolových.

Voda množstva povrchových tokov, ktoré v tejto oblasti pramenia, zväčša rýchlo odteká a až na obvode pohoria sa koncentruje do významnejších tokov. Hlavným hrebeňom prebieha významná rozvodnica medzi Hronom a Váhom. Severné svahy územia, ktoré odvodňuje Križianka, Kľačianka a hlavne Lupčianka, patria k povodiu Váhu, kým južné svahy, ktoré odvodňuje Bystrianka, Vajskovský potok, Lomnístá, Sopotnica a hlavne Jaseniansky potok, patria k povodiu Hrona. Maximálnu vodnatosť majú toky tejto oblasti v apríli, keď hlavným zdrojom vody je topiaci sa sneh, minimum pripadá na zimné mesiace (január, február).

Do chladnej horskej oblasti patrí väčšia časť severných a menšia časť južných svahov a Liptovská kotlina, kým Horehronie patrí do mierne teplej oblasti. Mimovrcholová stanica Ďumbier (chata na južnom svahu, 1 740 m n. m.) má priemernú ročnú teplotu 0,8 °C (stanice Brezno a Liptovský Hrádok 5,5—6,5 °C), ročne okolo 1 300 mm zrážok (Brezno a Liptovský Hrádok 700 až 750 mm, stanice Železnô, Jasná, Luková, Magurka prevažne 1 000—1 400 mm; tab. 1). Zrážkové maximum pripadá na júl, minimum na január a február.

TAB. 1

Zrážkové úhrny (v mm) za roky 1978—1982 namerané na zrážkomerných staniciach študovanej oblasti

Cumulative atmospheric precipitation values (in mm) for the period 1978—1982 registered in climatic stations of the area

Rok	Železnô	Jasná	Luková	Magurka
1978	1 058	1 334	1 056	1 045
1979	1 206	1 341	1 519	1 095
1980	1 274	1 361	1 355	1 451
1981	1 315	1 421	1 123	1 301
1982	1 000	1 201	1 091	846

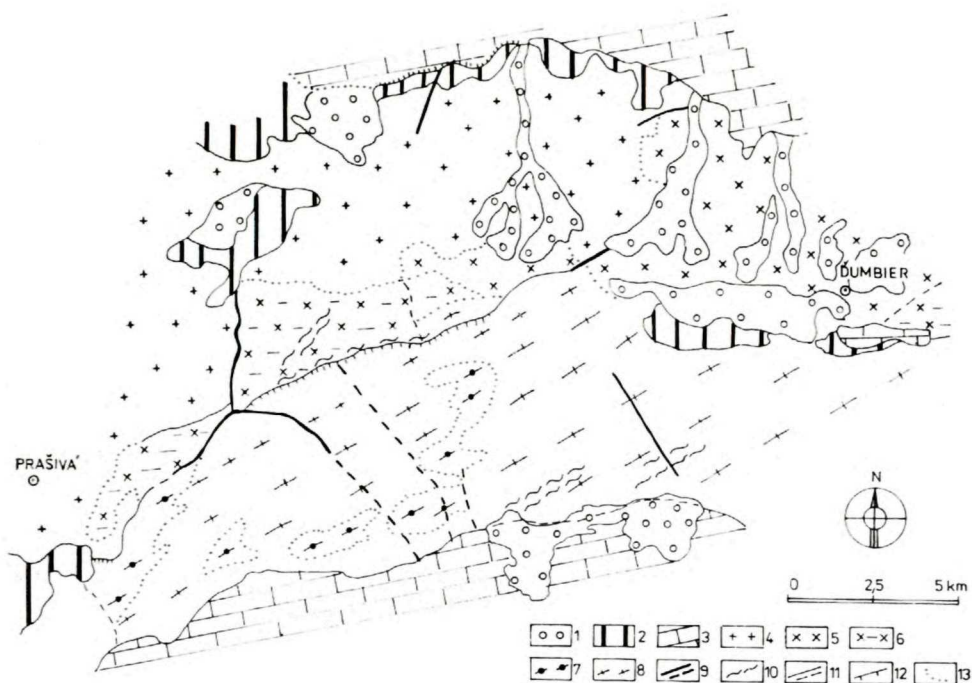
Geologické pomery

Študované územie patrí do tatrického kryštalinika v Ďumbierskej časti Nízkych Tatier (obr. 1). Miko a Lukáčik (1983) tu vyčlenili: metamorfované horniny prekambriického (?) alebo staropaleozoického (?) veku, magmatické horniny variského veku a alpínsky tektonickodeformačne a hydrotermálne premenené horniny.

Z magmatických hornín variského veku majú najväčší význam granitoidy, ktoré tvoria hlavný hrebeň západnej časti Nízkych Tatier a jeho severné svahy. Patria k dvom typom: k bázeckejšiemu Ďumbierskemu a relatívne kyslejšiemu prašivskému typu. Ďumbiersky biotitický granodiorit tvorí východnú časť Ďumbierskeho pásma, t. j. hrebeň Ďumbiera a jeho severné svahy. Granit typu Prašivá je rozšírený v západnej časti Ďumbierskeho pásma.

V týchto granitoidoch sú typické aj niekoľko cm hrubé žily pegmatitov a aplitov. Ku granitoidom pridružené dioritické a gabroidné horniny sú, čo sa týka množstva, podradné.

K metamorfovaným horninám patria: migmatity s pásikavými a očkátymi textúrami, migmatity s nebulitickými textúrami, ruly (tvoria len vložky, resp. zvyšky v migmatitoch), amfibolity a amfibolické ruly (len v podradnom množstve).



Obr. 1. Geologická mapa kryštalinika Nízkych Tatier (podľa Lukáčika, Mika, Lehotského, Bieleho, Hrašku a Bujnovského zostavil Zajac). 1 — kvartér nečlenený, 2 — pieskovec, zlepenec, vápence, dolomity spodného triasu, 3 — vápence, dolomity, bridlice stredného triasu až vrchnej kriedy, 4 — biotitické, muskoviticko-biotitické granodiority až diority (prašivský typ), 5 — biotitické granodiority (ďumbiersky typ), 6 — biotitické, muskoviticko-biotitické granity, granodiority (často hybridné) až nebulitické migmatity, 7 — biotitické, muskoviticko-biotitické migmatity (oftalmity), 8 — biotitické migmatity (stromatity) s restitmi biotitických až dvojsľudných pararúl, 9 — zlomy zistené a predpokladané, 10 — mylonity, 11 — hranice medzi horninovými typmi zistené a predpokladané, 12 — prešmyky, 13 — hranice postupných prechodov.

Fig. 1. Geological map of the Low Tatra Mts. crystalline (according to geological maps by Lukáčik, Miko, Lehotský, Biely, Hraška and Bujnovský compiled by Zajac). 1 — Quaternary, 2 — sandstone, conglomerate, limestone, dolomite, Lower Triassic, 3 — limestone, dolomite and shale, Middle Triassic to Upper Cretaceous, 4 — biotite and two-mica granodiorite to diorite (Prašivec type), 5 — biotite granodiorite (Ďumbier type), 6 — biotite and two-mica granite to granodiorite (frequently hybrid rock type) to nebulitic migmatite, 7 — biotite and muscovite-biotite migmatite (ophtalmite), 8 — biotite migmatite (stromatite) with restites of biotite to two-mica paragneiss, 9 — fault known and presumed, 10 — mylonite, 11 — rock unit boundary, known and presumed, 12 — thrust surface, 13 — gradual transition boundary.

Deštrukcie spojené s alpínskou zlomovou tektonikou sa prejavili v horninách výraznou kataklázou za vzniku rôznych typov mylonitov, ďalej rekryštalizáciou a rôznymi metasomatickými reakciami

hydrotermálnych roztokov s okolitými horninami.

V študovanej oblasti sú najvýznamnejšie zrudnenia v okolí Jasenia, Magurky a Dúbravy.

V *Jasení* sa jedná o scheelitovo-zlatonosné zrudnenie v komplexe migmatitov. V centrálnej časti vystupujú formácie so scheelitom, zlatom a s kremeňom s polymetálmi, na SZ vystupuje pásma antimonitového zrudnenia (Husárka, Latiborská hoľa). Na JV od centrálnej časti vystupuje najprv zrudnenie s kremeňom, pyritom a arzenopyritom a ďalej na JV formácia Pb-Zn-barytového zrudnenia ložiska Soviasko.

Antimonitové ložisko Dúbrava sa nachádza v údolí potoka Križianka južne od obce Dúbrava. Je to mohutný (700—800 m široký a 4 km dlhý) severojužný žilný ťah, prebiehajúci hlavne v žule prašivského, ale aj Ľumbierskeho typu s hojnými polohami migmatitov. Žilnú výplň tvorí kremeň a antimonit, rozšírený je aj pyrit, menej tetraedrit, ojedinele sfalerit, chalkopyrit a rýdze zlato.

Ložisko Magurka tvorí asi 4 km dlhé žilné pásma, ktoré sa tiahne medzi Latiborskou hoľou a Chabencom a Z—V smerom pretína granitové jadro. Vo výplni žil prevláda kremeň s antimonitom, menej sa vyskytuje ankerit a kusový pyrit, vzácnejšie sfalerit, tetraedrit a rýdze zlato.

Hydrologické a hydrogeochemické pomery

Horniny kryštalinika sú málo zvodnené, výdatnosť ich puklinových a sutinovo-puklinových prameňov je malá. Podzemná voda má prevažne plytký obeh (Dovina, Rapant, 1983), ktorý sa viaže na zónu zvetrávania a podpovrchového rozpojenia hornín (v oblastiach tektonicky porušených je obeh aj hlbší).

Pre obeh podzemnej vody kryštalinika sú výhodnejšie podmienky v granitoidoch, lebo sú rozpukanejšie a majú viac roztvorené pukliny. Kryštalické bridlice a migmatity sú zvodnené menej, len ojedinelé pramene vyvierajúce z puklín a plôch bridličnatosti môžu mať väčšiu výdatnosť.

Podľa Gazdovej genetickej klasifikácie patria vody študovanej oblasti do petrogénneho podtypu atmosferogénnych vôd a v jeho rámci do skupín silikatogénnych a silikatosulfidových vôd. Podľa klasifikácie Palmera a Gazdu sú vody tejto oblasti nevýrazného Ca/Mg/HCO₃ typu s častými prechodmi k Ca-SO₄ (hlavne v oblastiach so zvýšenou sulfidnou mineralizáciou). Hlavný proces, ktorý formuje toto chemické

TAB. 2

Distribúcia hlavných zložiek vôd kryštalinika
Distribution values of main components in water from crystalline terrane

Zložka	Min.	Max.	X _a	S	V _k	X _g	M _e	Š _i	Š _p
Na ⁺	1,1	10,23	2,15	0,92	43,13	2,02	1,97	0,75	—0,28
K ⁺	0,2	3,5	0,6	0,38	63,68	0,53	0,51	1,72	3,42
Mg ²⁺	0,7	16,05	2,86	1,69	59,04	2,54	2,43	0,82	—0,05
Ca ²⁺	3,16	24,65	10,77	3,61	33,5	10,21	10,2	0,444	0,186
Cl ⁻	0,14	14,43	1,63	1,66	101,59	1,18	1,13	1,52	1,33
NO ₃ ⁻	0	12,4	4,09	2,95	72,23	0	3,45	0,68	—0,22
SO ₄ ²⁻	1,11	39,5	10,03	5,74	57,23	8,59	9,05	1,05	1,86
HCO ₃ ⁻	12,2	113,5	35,6	12,66	35,57	33,73	32,4	0,438	—0,126
SiO ₂	3,18	15,75	8,27	2,51	30,34	7,89	8,0	0,56	0,24
M	45,92	218,68	76,91	22,56	29,33	74,28	72,06	1,04	0,66

Obsah v mg.l⁻¹, X_a — aritmetický priemer, S — smerodajná odchýlka, V_k — variačný koeficient, X_g — geometrický priemer, M_e — medián, Š_i — šikmosť, Š_p — špicatosť.

ké zloženie, je hydrolytický rozklad silikátov (najmä plagioklasu, muskovitu, biotitu a K-živca) a oxidačná degradácia sulfidov (pričom časť zložiek vo vodách je alochtónneho pôvodu). Mineralizácia vôd prameňov a povrchových tokov tejto oblasti je prevažne v rozmedzí 0,05–0,09 g.l⁻¹, hodnoty pH sa pohybujú od 6,6 do 7,8. Distribúciu hlavných zložiek vôd kryštalinika tejto oblasti udáva tab. 2 (Rapant, Vrana, 1983).

Metodika výskumu

Miesta odberu vzoriek vody sa určili podľa registra prameňov Hydrofonderu Bratislava. V území bolo odobraných 341 vzoriek, hlavne z prameňov a krátkych povrchových tokov, tiež vzorky vody z vrtov a výtokov zo štôlní. Priemerná hustota dokumentačnej siete je 1,0–1,2 bodu na km², ale v oblasti medzi Magurkou a Jasením bola dokumentačná sieť v dôsledku zvýšených obsahov stopových prvkov vo vode ešte zahustená. Vzorky sa odoberali v rokoch 1980–1983 v rovnakom období (od polovice júla do polovice septembra), v čase nízkych až extrémne nízkych vodných stavov v bezzrážkovom období — klimatické podmienky odberu 3-3s až 3s (Rapant, Vrana, 1983).

Väčšina vzoriek vôd bola kompletne analyzovaná, v niekoľkých prípadoch bola využitá skrátená analýza. V počiatočnom štádiu bola vzhľadom na pestrú mineralizáciu územia zvolená široká paleta stopových prvkov (Pb, Zn, Cu, V, Mo, W, Bi, Ag, Ba, Cr, Ni, Co, B, Sb), z ktorej sa potom vytypovala asociácia tých prvkov, ktoré vykazujú analyticky stanoviteľné variácie v obsahoch (Cu, Mo, W, As, Sb, Zn, Ag, Pb). Tieto prvky boli stanovené buď metódou atómovej absorpcie alebo metódou roztokovej emisnej spektroskopie s indukčne viazanou plazmou. Hranice dôkazuschopnosti, výsledky analýz aj pres-

ná dokumentácia miest odberu vzoriek je v práci Zajaca (1984). Výsledky sa matematickoštatisticky spracovali na stolnom programovateľnom kalkulátore Wang 2200 B.

Vyhodnotenie výsledkov

Ako sme už uviedli, počiatočná paleta analyzovaných stopových prvkov bola zúžená na súbor 8 mikroprvkov. V niektorých častiach územia sme zaznamenali zvýšený obsah Zn, W, As, Sb. Preto sme tieto prvky spolu s hodnotami obsahu SO₄²⁻, resp. pomeru SO₄²⁻/HCO₃⁻ (vzhľadom na prevahu sulfidickej mineralizácie v tejto oblasti) vytypovali ako vyhľadávacie kritériá zrudnenia v študovanej oblasti.

Zinok je hydrogeochemickým vyhľadávacím kritériom akéhokoľvek endogénneho zrudnenia. Súvisí to: 1. s veľmi častou prítomnosťou sfaleritu v najrozličnejších typoch rudných ložísk, 2. s ľahkým rozkladom sfaleritu v hypergénnych podmienkach a s veľkou rozpustnosťou produktov oxidácie.

Arzén môžeme chápať ako univerzálny vyhľadávací príznak, pretože je prítomný vo zvýšených množstvách vo vodách drenujúcich značné množstvo typov rudných ložísk, hoci menej často ako Zn a Cu. Preto je veľmi pravdepodobné, že anomálny obsah As v podzemných i povrchových vodách súvisí s rudnou mineralizáciou. V danej oblasti je hlavným nositeľom As arzenopyrit, v menšej miere aj tennantit.

Antimón považujeme za špeciálny vyhľadávací príznak pre antimónové rudné ložiská. Zdrčjom antimónu vo vodách študovanej oblasti je antimonit, ktorý pomerne ľahko oxiduje na Sb₂O₃ a antimónové okry, menej tiež tennantit.

Volfrám je špeciálny vyhľadávací príznak pre volfrámové rudné ložiská. Hlav-

ným procesom prechodu volfrámu do vôd tejto oblasti je rozpúšťanie scheelitu. Keďže jeho rozpustnosť je malá a medza stanovenia W vo vodách pomerne veľká, považujeme každé nenulové stanovenie W za anomálne.

SO_4^{2-} je univerzálny vyhľadávací príznak. To súvisí: 1. s veľmi malým fónovým obsahom SO_4^{2-} vo vodách mnohých horských oblastí (menej ako $2\text{--}6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), 2. s častým vtrúsením sulfidov v najrozličnejších typoch zrudnenia (Kolotov et al., 1983).

Podobne možno využiť aj niektoré koeficienty, z ktorých pomer $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ bolo výhodné využiť v danej oblasti, pretože preň bol k dispozícii najvyšší počet analytických údajov.

Z hľadiska správnej interpretácie výsledkov je dôležité poznať formu migrácie daných mikroprvkov vo vodách. Preto bolo asi 10 % odobraných vzoriek vôd filtrovaných cez membránové filtre s veľkosťou pórov $0,26 \mu\text{m}$. V obsahu prvkov vo filtrovanej a nefiltrovanej vzorke však neboli žiadne rozdiely. Z toho vyplýva, že vybrané stopové prvky migrujú prevažne vo forme pravých roztokov, resp. že koloidná fáza je zastúpená časticami menšími ako $0,26 \mu\text{m}$.

Základnou úlohou štatistického spracovania výsledkov hydrogeochemickej prospekcie je stanovenie fónu a prahu ano-

málie pre študované územie. Ako fón sa najčastejšie používa hodnota aritmetického, resp. geometrického priemeru, modusu alebo mediánu, a ako hranica anomálie hodnota $f + 1S$ alebo $f + 2S$, alebo $f + 3S$, kde f je fón a S je smerodajná odchýlka súboru stanovení.

Keďže charakter rozdelenia obsahu stopových prvkov a pomeru $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ vo vodách študovanej oblasti je prevažne lognormálny, na stanovenie fónu a hranice anomálie bolo najvýhodnejšie použiť hodnoty mediánu (f) a smerodajnej odchýlky (S) (Zajac, 1988), ktoré sme s cieľom odstrániť chyby vyplývajúce z nerovnomernej dokumentačnej siete vypočítali až z hodnôt priemerných na každý km^2 , kde bolo aspoň jedno stanovenie daného stopového prvku alebo pomeru $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$.

Porovnaním takto získaných hodnôt fónu a hodnôt $f + 1S$, resp. $f + 2S$ (tab. 3) pre Sb, As, W, Zn a $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ s hodnotami týchto vyhľadávacích kritérií vo vodách oblastí so známymi rudnými polohami sa javia v študovanej oblasti ako anomálne: pre As a Sb hodnoty $f + 1S$ a vyššie; pre W (vzhľadom na malú citlivosť stanovenia a relatívne nízke obsahy) každé nenulové stanovenie tohto prvku; pre Zn hodnoty $f + 2S$ a vyššie (vzhľadom na veľmi časté zastúpenie sfaleritu, z ktorého sa Zn uvoľňuje, a tak vytvára pomerne časté, ale málo kontrastné anomálie, budú

TAB. 3

Fón a hranica anomálie pre vytypované vyhľadávacie kritériá

Background value and anomaly limit for the selection of prospection criteria

	As	Sb	W	$\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$	Zn
f	0,032	0,02	0,003	0,404	0,007
S	0,052	0,016	0,007	0,231	0,015
$f + 1S$	0,084	0,036	0,01	0,635	0,022
$f + 2S$	0,136	0,052	0,017	0,866	0,037

f — fón, S — smerodajná odchýlka.

TAB. 4

Korelačná matica vyhľadávacích kritérií
vo vodách kryštalinika Nízkych Tatier
*Correlation matrix of prospection criteria
in waters from the Low Tatra crystalline*

	As	Sb	W	$\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$	Zn
As	1				
Sb	0,21	1			
W	0,28	0,37	1		
$\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$	0,18	0,83	0,49	1	
Zn	0,19	0,26	0,04	0,16	1

mať tieto hodnoty orientačný charakter); pre pomer $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ hodnoty $f + 2S$ a vyššie.

Cenné informácie poskytujú korelačné vzťahy medzi jednotlivými mikroprvkami vrátane pomeru $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ (tab. 4). Najvyšší stupeň korelácie vykazuje Sb a $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$, pomerne vysoká je korelácia medzi W a $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$. Hodnoty korelačných koeficientov sú však skreslené relatívne nízkym obsahom prvkov, rozdielnymi migračnými schopnosťami a tiež súčasným výskytom viacerých typov rudnej mineralizácie (preto napr. korelácia medzi Zn a $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ je nízka, hoci vzhľadom na ich spoločný zdroj, t. j. ZnS, by sme očakávali oveľa vyššiu hodnotu).

Plošnú distribúciu obsahu stopových prvkov a pomeru $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ vo vodách študovanej oblasti sme zisťovali trendovou analýzou. Pri výpočte trendu pre väčšinu prospekčných kritérií najlepšie vyhovoval 3. stupeň polynómu. Z výsledkov (obr. 2, 3, 4, 5) možno vidieť spoločný smer trendu obsahu As a W (JZ—SV) a Sb a $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ (S—J až SSV—JJZ).

Hlavným výsledkom prác hydrogeochemickej prospekcie bolo zostavenie hydrogeochemickej prospekčnej mapy (obr. 6), ktorá pre zjednodušenie a väčšiu prehľad-

nosť je zostavená na mape dokumentačných bodov, a nie na geologickom podklade. Prehľadná hydrogeochemická prospekčná mapa na geologickom podklade aj s hydrografickou sieťou je v práci Zajaca (1984).

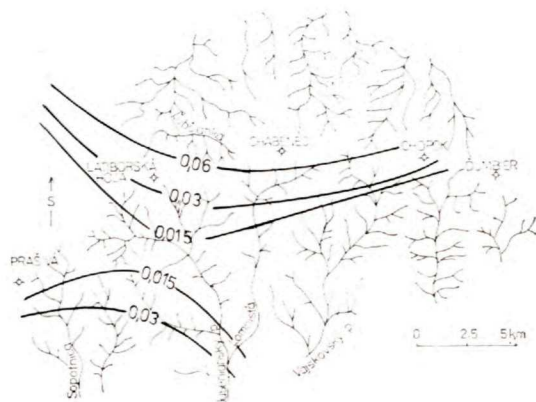
V danej oblasti je najrozsiahljšia a najkontrastnejšia anomália As, ktorá sa ťahá JZ—SV smerom od potokov Sopotníčka a Sopotnica a horného toku Bukovca až po horný tok Lomnistej a Vajskovskú dolinu, pričom najanomálnejší je obsah As vo vodách pravej strany horného toku potoka Biela voda a horného toku Jasenianskeho potoka (doliny Šifrová, Špiglová a Gelfúsová). Táto hydrogeochemická anomália je v dobrej zhode s metalometrickou anomáliou tohto potoka, ktorú v študovanom území ohraničil Gubač (1983). Aj vzhľadom na metalometricky zistenú priestorovú spätosť anomálií As s Au a W (l. c.) je As veľmi dobrým vyhľadávacím príznakom pre Au-W mineralizáciu v študovanej oblasti.

Viac anomálnych oblastí vykazuje W. Plošne menšia je anomália v oblasti banských diel Dúbrava. Čillik et al. (1979) tu opisujú výskyt scheelitu v rudnej výplni na antimonitovom ložisku, ktorým možno túto anomáliu vysvetliť. Najrozsiahljšia anomália W sa nachádza na južných svahoch hlavného hrebeňa a je priestorovo úzko spätá s anomáliou As. To sa zhoduje s metalometrickými výsledkami Gubača in Pecho et al. (1982) i s výsledkami šlichevej prospekcie Puleca (Klinec, Pulec, 1983). Plošná spätosť anomálií As a W je významná aj preto, že tieto anomálie predstavujú zároveň aj anomálie Au, ktorého obsah vo vodách študovanej oblasti z dôvodu veľmi nákladného stanovovania nebolo možné sledovať.

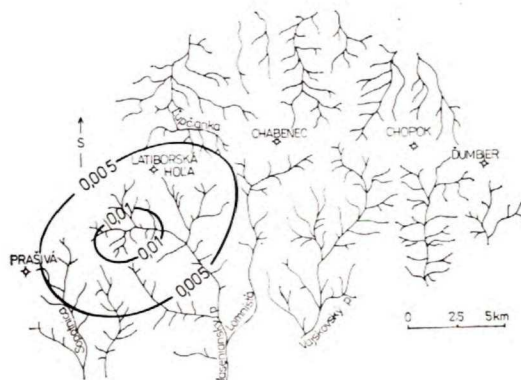
Z hľadiska obsahu Sb sú anomálne oblasti prevažne na severných svahoch hlavného hrebeňa, a to v oblasti Magurky a Dúbravy. Tieto anomálie možno ľahko



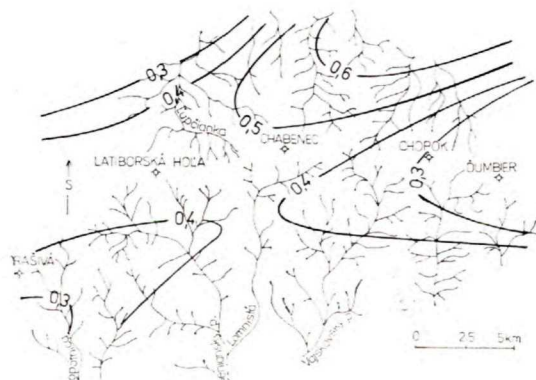
Obr. 2. Trendová mapa As (obsah v mg.l⁻¹).
Fig. 2. Trend surface map of arsenic (in mg.l⁻¹).



Obr. 3. Trendová mapa Sb (obsah v mg.l⁻¹).
Fig. 3. Trend surface map of antimony (in mg.l⁻¹).



Obr. 4. Trendová mapa W (obsah v mg.l⁻¹).
Fig. 4. Trend surface map of tungsten (in mg.l⁻¹).



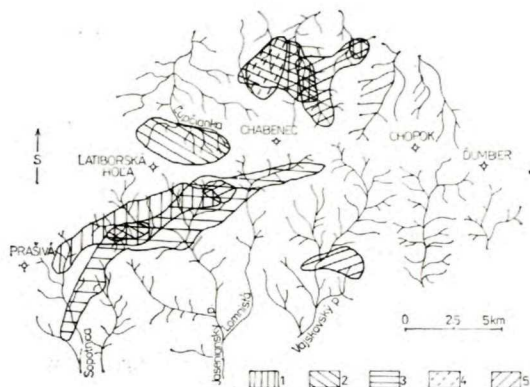
Obr. 5. Trendová mapa $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$.
Fig. 5. Trend surface map of the $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ ratio.

vysvetliť prítomnosťou známych antimónových ložísk. Menšia Sb anomália na južnom svahu hlavného hrebeňa súvisí s výskytom Sb rúd v doline Bielej vody.

Najkontrastnejšie anomálie pomeru $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ sú viazané na 3 oblasti. Prvou je oblasť banských diel Dúbrava, kde zvýšený obsah SO_4^{2-} vo vodách spôsobuje rozklad sulfidov (hlavne pyritu a antimonitu). Druhou je dolina Vajskovského potoka a tretou dolina horného toku

Jasenianskeho potoka, kde zvýšený obsah SO_4^{2-} pravdepodobne súvisí so zvýšeným obsahom sulfidov vo výplni rudných žíl W-Au formácie.

Zinok vytvára viacero slabšie kontrastných anomálií (najvýraznejšia je v oblasti na SZ od banských diel Dúbrava), ktorým však z už uvedených dôvodov nemožno pripísať väčší význam (veľké rozšírenie sfaleritu ako akcesórie a malá citlivosť stanovenia Zn).



Obr. 6. Hydrogeochemická prospekčná mapa. 1 — anomália W, 2 — anomália Sb, 3 — anomália As, 4 — anomália Zn, 5 — anomália $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$.

Fig. 6. Hydrogeochemical prospecting map. 1 — tungsten anomaly, 2 — antimony anomaly, 3 — arsenic anomaly, 4 — zinc anomaly, 5 — anomaly of the $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ ratio.

Záver

V závislosti od metalogenézy sa vo vodách študovaného územia vyskytujú viaceré stopové prvky, z ktorých najväčší význam má As, Sb, W, Zn. Tieto prvky tu vytvárajú charakteristické anomálie, ktoré možno priestorovo veľmi dobre spájať so známymi zrudneniami: anomálie As a W s W-Au zrudnením; anomálie Sb s antimónovým zrudnením; anomálie $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ s oblasťami so zvýšenou sulfidickou mineralizáciou rôzneho typu. Anomálie Zn sú slabo kontrastné, a preto slúžia len ako vedľajší prospekčný príznak sulfidickej mineralizácie.

Preukázala sa dobrá zhoda výsledkov metódy hydrogeochemickej rudnej prospekcie s výsledkami ostatných geochemických prospekčných metód (šlichovej prospekcie a metalometrie) v študovanej oblasti, a tak sa dokázalo, že metódu hydrogeochemickej rudnej prospekcie možno použiť pri vyhľadávaní rudných ložísk v kryštaliniku Západných Karpát.

Literatúra

- Čillík, I., Hvoždara, P., Michálek, J. 1979: Scheelit na antimónovom ložisku Dúbrava v Nízkych Tatrách. *Miner. slov.*, 11, 311—326.
- Čillík, I. 1979: Geochemicko-paragenetické asociácie niektorých prvkov na južných svahoch Nízkych Tatier. *Miner. slov.*, 11, 261—262.
- Čillík, I., Kravjanský, G., Linkešová, M. 1985: Výsledky šlichovej prospekcie a výskum riečnych sedimentov v Nízkych Tatrách. In: *Akcesorické minerály. Bratislava, GÚDŠ*, 133—140.
- Dovina, V., Rapant, S. 1983: Hydrogeologická a hydrogeochemická charakteristika územia scheelitovo-zlatonosného zrudnenia v kryštaliniku Nízkych Tatier v oblasti Kyslá pri Jasení. In: *Scheelitovo-zlatonosné zrudnenie v Nízkych Tatrách. Red. J. Pecho. Bratislava, GÚDŠ*, 97—108.
- Gubač, J. 1983: O hlavných výsledkoch geochemického výskumu W-zrudnenia v tatradskej časti Nízkych Tatier. In: *Scheelitovo-zlatonosné zrudnenie v Nízkych Tatrách. Red. J. Pecho. Bratislava, GÚDŠ*, 57—59.
- Klínec, A., Pulec, M. 1983: Geologická stavba a prospekčné zhodnotenie W-zrudnenia medzi Sopotnicou a Vajskovskou dolinou. *Manuskript — GÚDŠ Bratislava*, 80 s.
- Kolotov, B. A., Krajnov, S. R., Rubějkin, V. E., Samsonov, B. G., Sokolov, I. Ju., Elenbogen, A. M. 1983: Osnovy gidrogeochimických poiskov rudnych mestorozhdenij. *Moskva, Nedra*, 198 s.
- Lukniš, M. 1972: Reliéf. In: *Slovensko — Príroda. Red. M. Lukniš. Bratislava, Obzor*, 124—202.
- Miko, O., Lukáčik, E. 1983: Petrografia hornín kryštalinika oblasti SV od Kyslej pri Jasení. In: *Scheelitovo-zlatonosné zrudnenie v Nízkych Tatrách. Red. J. Pecho. Bratislava, GÚDŠ*, 39—47.
- Pecho, J. et al. 1982: Geologický výskum wolfrámového zrudnenia v oblasti Jasenie-Kyslá, II. etapa. [Záverčná správa.] *Manuskript — GÚDŠ Bratislava*, 326 s.
- Rapant, S., Vrana, K. 1983: Jednotné posudzovanie klimatických podmienok odberu vzoriek vody. *Miner. slov.*, 15, 185.
- Rapant, S., Vrana, K. 1983: Hydrogeochemické pomery na listoch 1:25 000 M-34-111-B-b a M-34-111-B-c. *Manuskript — GÚDŠ Bratislava*, 98 s.
- Zajac, L. 1984: Overenie metódy hydrogeochemickej rudnej prospekcie v západnej časti kryštalinika Nízkych Tatier. *Manuskript — Kat. geochémie a miner. PF UK Bratislava*, 73 s.
- Zajac, L. 1988: Niektoré problémy stanovovania fónu v hydrogeochemickej prospekcii. *Miner. slov.*, 20, 189—190.

Essay of hydrogeochemical prospection method in the crystalline of the Low Tatra Mts., Central Slovakia

Hydrogeochemical prospection is used in the world mainly with the aim to assess ore forecasts over relatively large areas. Possibilities to use the hydrogeochemical method in West Carpathian terranes have been tested in crystalline terrane of the Low Tatra Mts. The investigated area represents midmontaneous relief however part of the surface is reaching high montaneous altitude with cold alpine climate and a relatively rich hydrographic network. The soil cover consists of brown forest soil podzolized in higher altitudes.

From geological viewpoint the area is built of metamorphics (various migmatite and lesser gneissic rocks) as well as plutonites (several types of granitoids) which carry a scheelite-gold ore mineralization near Jasenie village and antimony ore in the Dúbrava and Magurka deposits.

Groundwater in the area has relatively shallow circulation and the water types represent, according to the Palmer-Gazda's classification a non-pronounced $\text{Ca}(\text{Mg})\text{--HCO}_3$ type with transitions to a CaSO_4 type in which the pH values are fluctuating in the 6.6–7.8 range and the mineralization attains 0.05–0.09 g.l⁻¹.

In relation with the metallogeny of the area, the water contains several trace elements from which the highest prospection meaning have contents of arsenic, antimony and tungsten together with the SO_4/HCO_3 ratio. These values compose characteristic anomalous concentrations which may be well areally correlated and explained by the means of known ore occurrences:

- anomalies of arsenic and tungsten with tungsten-gold ore showings,
- anomalies of antimony with antimony ore mineralization,
- anomalous values of the SO_4/HCO_3 ratio with the areas of sulphide occurrences.

The results of trend surface analysis point to the existence of pronounced trends in the arsenic-tungsten pair (trending SW–NE) and in the antimony — SO_4/HCO_3 ratio pair (trending in N–S direction).

Generally, a fairly good correlation has been detected between results of hydrogeochemical ore prospection and data from other geochemical methods (panning prospection and soil sampling) in the investigated area. So the applicability of this prospection method in West Carpathian crystalline terrane has been documented.