

Hydrogeologické a hydrogeochemické poznatky z prieskumných prác v Santovke

ZORA BONDARENKOVA

IGHP, n. p., Žilina, závod Bratislava, Geologická ul. 18, 825 64 Bratislava

(13 obr. a 3 tab. v texte)

Doručené 12. 11. 1982

Гидрогеологические и гидрохимические данные разведочных работ в Сантовке

Обширные разведочные работы на месторождении Сантовка с целью обеспечить дополнительные источники минеральной воды принесли новые результаты о гидрогеологических и гидрохимических условиях „левицкой минеральной линии“. Обработанные результаты о гидрогеологических условиях позволили определить главные факторы влияющие на образование химизма минеральной воды и на основании этого формулировать основные критерии для охраны качества минеральной воды.

Hydrogeological and hydrochemical experience from prospection in the Santovka source area

Extensive prospection in the Santovka mineral spring area (Central Slovakia), aimed at assure further sources of mineral water for bottling purposes, resulted in new knowledge, both hydrogeological and hydrochemical, of the „Levice mineral spring line“. Results of data processing from regime observations of mineral water chemistry together with the assessment of all hydrogeological conditions allowed to point out the main factors of mineral water generation and so to postulate basic criteria for qualitative protection of the mineral water.

Výskyt minerálnej a termálnej vody medzi Hornými Turovcami a Kalinčiakovom v Ipeľskej pahorkatine nazval O. Hynie (1963) „levickou žriedlovou líniou“. Minerálne a termálne vody sa priestorovo

viažu na turovsko-levický hrast, jeho čiastkové segmenty, turovský a santovsko-levický (Vass, 1980). Jednotný genetický, a tým aj chemický typ má termálna voda Dudiniec a Santovky a studená kyselka

v Santovke, Slatine a H. Turovciah. Odlišným genetickým typom je termálna voda v Kalinčiakovke. Jej výskyt je podmienený čiastkovou priečnou štruktúrou — kalinčiakovským hrastom. Hranice medzi povrchovým výskytom obidvoch typov vody tvorí pravdepodobne predpokladaná línia čela násunu vyšších západokarpatských príkrovov prechádzajúca medzi Santovkou a Domadicami. Na V od nej sa v podloží neogénu vyskytujú horniny veporika s najstarším členom — kryštalinikom hronského komplexu.

Minerálna a termálna voda Santovky je západným okrajovým prejavom vód zložitého chemizmu s jednotnou genézou pre všetky ostatné žriedlové štruktúry v Slatine, Dudinciach a Horných Turovciah. Známe prírodné vývery studenej kyselky v južnej časti obce zachytáva vrt B-6 s kapacitou $0,4 \text{ l. s}^{-1}$ a využívajú sa v plniarni. Vývery termálnej vody v strede obce (bývalý Malinovec) zachytáva vrt B-3. Termálna voda sa využíva na rekreačné účely. Odporúčaný odber je $8,5\text{--}9 \text{ l. s}^{-1}$ (Orvan — Tkáčik, 1966).

Všeobecné údaje

Priestor výverov minerálnej a termálnej vody v Santovke patrí do Ipelskej pahorkatiny, ktorá je severným a severovýchodným výbežkom Podunajskej nížiny. Územie je mierne morfológicky členené, s typickým pahorkatinným reliéfom s nadmorskou výškou okolo 150 m n. m.

Blízke okolie Santovky odvodňuje potok Búr a jeho pravostranný prítok Ludanský potok a ľavostranný prítok Domadický potok. Koryto potoka Búr sleduje v Santovke smer SZ—JV, v priestore travertínovej kopy v obci sa stáča temer do smeru S—J. Smer SZ—JV má aj Ludanský potok pred sútokom s potokom Búr.

Okolie Santovky klimaticky patrí medzi oblasti teplé, mierne suché, s miernou zi-

inou. Zrážkovo možno okolie Santovky charakterizovať dlhodobým ročným zrážkovým priemerom 589 mm (1931—1961). Priemerná ročná teplota je $9,4^\circ\text{C}$.

Vývery minerálnej vody sa viažu na miestnu eróznú bázu v údolí potoka Búr v nadmorskej výške okolo 145—148 m n. m. Pôvodné vývery termálnej vody boli v miestach travertínovej kopy, nachádzajúcej sa po obidvoch stranách údolia potoka Búr v nadmorskej výške okolo 149 m n. m.

Geologická stavba okolia Santovky

Podložie neogénnych bádenských a sarmatských uloženín budujú horniny hronského komplexu veporika, ktoré podľa vrtu ŠV-8 (Dolné Semerovce) tvoria paleozoické metamorfity. V ich nadloží sú permské pestré bridlice, bridličnatý pieskovec, arkóza, kremitý zlepenec, kremenec a kremité bridlice spodného triasu.

Neogén leží na starších útvaroch diskordantne. Uloženíny neogénu staršie ako bádén pravdepodobne nie sú vyvinuté, pretože okolie Santovky bolo od egenburgu po spodný bádén súčasťou šahanskej elevácie (Gabčo — Vass, 1965).

V bezprostrednom okolí Santovky vystupujú na povrch uloženiny spodného bádenu a sarmatu.

Horniny bádenu zastihnuté vrtmi majú pestrý litologický vývoj. Striedajú sa tu polohy ílu, ílovca, tufitu, tufitického pieskovca, zistil sa aj vápenec.

Takmer pre všetky vrty je typická prítomnosť karbonatických hornín, a to v rozličnej hĺbke pod terénom. Ide o horniny svetlohnedej farby, silne navetrané a so zátekmi oxidov Fe na puklinách. Štruktúra hornín je kalová až mikrokryštalická, resp. detriticko-kryštalická. Horniny obsahujú rudný pigment a časté sú v nich kryštálky dolomitu a akcesorické zrná kremeňa. Karbonatické horniny opi-

sovaného typu vytvárajú tenké polohy, resp. sú vo forme úlomkov často v spojitosti so zeleným tuhým ílom. Horniny obdobného charakteru, zistené staršími prieskumnými prácami, pokladá J. Orvan (1965) za kavernózne vápenec vylúhovaný presahujúcou vodou. Je aj názor, že ide o tzv. fosílny travertín prekrytý vulkanickými horninami.

Podľa mikropaleontologických rozborov vzoriek z vrtu B-10 a B-11 možno aj karbonatické horniny zaradiť do bádenu. Ide pravdepodobne o tie isté horniny, ktoré zastihol vrt B-3 v hĺbke okolo 60 m.

Bádenské sedimenty postihla silná premena. Íl vykazuje známky kaolinizácie. Na základe chemických petrografických rozborov vzoriek hornín z vrtu B-4 sa konštatovalo (Orvan, 1965), že sedimentárno-vulkanický komplex podľahol rozsiahlym procesom premeny. Pritomnosť kaolinického materiálu v povrchových partiách a postupné pribúdanie montmorilonitových typov smerom nadol svedčí o geochemickej zonálnosti komplexu.

Sarmat je diskordantne uložený na rozličných členoch bádenu, resp. na mezozoiku. Litologicky je to pestré súvrstvie s nepravidelným striedaním sa slienitého ílu, kremitého a andezitového zlepenca, vápnitého pieskovca, tufitického ílu, pieskovca a piesku. V spodnom sarmate sa v okolí Santovky vyskytujú horniny diatomického typu.

Kvartérne uloženiny tvoria takmer súvislý pokryv neogénnych sedimentov. Vyvinuté sú vo forme fluvialných uloženín potoka Búr, Ludanského a Domadického potoka. Pod ich hlinitými naplaveninami je poloha rašeliny. Štrkové polohy nie sú výrazne vyvinuté.

Pomerne rozšírený je v Santovke travertín, a to v miestach zaniknutých výverov minerálnej vody. Výskyt travertínu je sústredený na okolie vrtu B-9, B-3, B-12, ďalší väčší výskyt je v priestore medzi

Ludanským potokom a potokom Búr. Pomerne rozsiahlu travertínovú kopu navrátil vrt B-5, B-6, B-7, B-10. Menšie výskyty sú v údolí potoka Búr v blízkosti vrtu B-13. Z ďalších kvartérnych sedimentov je tu zastúpená svahová hlina a sutina, prevažne s úlomkami travertínu.

Jednou z hlavných poruchových línií, ktorá je zároveň aj prírodnou líniou CO_2 , je porucha smeru SZ—JV, prebiehajúca údolím potoka Búr. CO_2 bol zistený vo všetkých vrtoch situovaných v jeho údolí.

Pravdepodobne tu ide o širšie poruchové pásmo, resp. o dve súbežné poruchy. Morfologicky tejto línií zodpovedá údolie Ludanského potoka, ale tu sa zvýšený obsah CO_2 ani v pôdnom vzduchu ani v podzemnej vode nezistil.

Podľa výsledkov VES prostredie odporovo odlišné od neogénnych sedimentov v typickom pestrom vývoji vystupuje do hĺbky okolo 50 m pod terén. Smerom SV—JZ toto bližšie neidentifikované prostredie klesá a môže reprezentovať kolekory s vyššie mineralizovanou vodou.

Tektonickú líniu smeru SV—JZ indikujú zaniknuté vývery minerálnej vody a travertínové kopy pri vrte B-13 (Ivan, 1952). Porucha obdobného smeru sa dá predpokladať približne v línií vrtu B-10, B-3, B-13. Tvorí pravdepodobne juhovýchodné ohraničenie výskytu travertínu. Pribeh tektonických línií spolu so situáciou vrtoch vyhlásených v okolí Santovky je na obr. 1.

Hydrogeologické pomery okolia Santovky

Podzemné vody okolia Santovky možno podľa chemického zloženia (mineralizácie) a fyzikálnych vlastností rozdeliť na:

a) obyčajnú podzemnú vodu kvartérnych a neogénnych uloženín s mineralizáciou $650\text{--}850\text{ mg.l}^{-1}$,

b) studenú kyselku, slabo mineralizova-

nú, s premenlivou mineralizáciou v rozpätí 1400—5000 mg.l⁻¹ a s teplotou 14—16 °C,

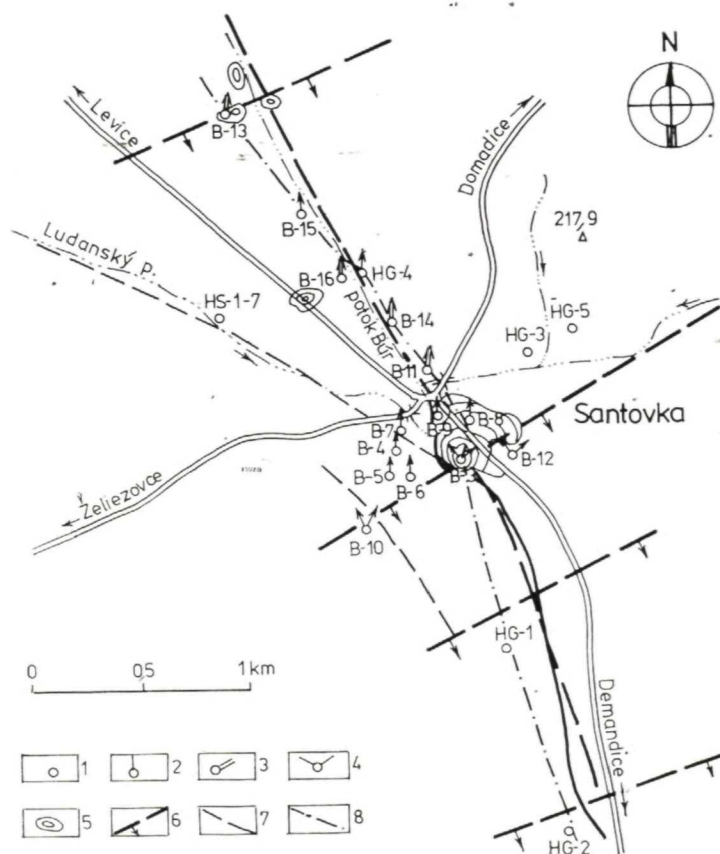
c) studenú kyselku, stredne mineralizovanú, s mineralizáciou 6000—6800 mg.l⁻¹ a teplotou 15—16 °C,

d) veľmi nízkotermálnu kyselku, stredne mineralizovanú, s mineralizáciou 6000 až 6200 mg.l⁻¹ a s teplotou 26,5—27,5 °C.

V tab. 1 je prehľad chemického zloženia podzemnej vody Santovky s uvedením maximálnych a minimálnych koncentrácií rozpustených látok vo vode vybraných vrtov.

Toto rozdelenie podzemnej vody zodpovedá aj odlišnému prostrediu tvorby a obehu vody čo do hĺbky, hydrogeologickej charakteristiky kolektorov a vzťahu

k tektonike územia. Obyčajná podzemná voda sa viaže na neogénne aj kvartérne uloženiny. Najpriaznivejšie zvodnenie majú polohy tufitického pieskovca sarmatu s pórovou priepustnosťou. Podzemná voda má voľnú hladinu v miestach, kde pieskovec vystupuje na povrch. Tam, kde sa pieskovec strieda s pelitickými sedimentmi, má negatívnu výtláčnú úroveň v jednom až dvoch kolektoroch (do hĺbky 35 m). Obyčajná voda sa zistila aj vo vrchných polohách bádenu vo vrtoch zachytávajúcich minerálnu vodu v údolí potoka Búr (vrt B-16) a v kvartéri jeho poriečnej nivy. Hydrochemicky ide o vodu typu hydrouhličitanovo-vápenato-horečnatú s mval 0/0 zastúpením zložiek



Obr. 1. Situácia vrtov v okolí Santovky. 1 — vrty s obyčajnou vodou, 2 — vrty s minerálnou vodou typu Santovky, 3 — vrty so stredne mineralizovanou vodou, 4 — vrty s nízko termálnou vodou, 5 — travertín, 6 — zistené tektonické línie, 7 — predpokladané tektonické línie, 8 — línia geologického rezu

Fig. 1. Sketch map of well location in the Santovka area. 1 — well with common water yield, 2 — well with mineral water yield of the Santovka type, 3 — well with moderately mineralized water yield, 4 — well with low-thermal water yield, 5 — travertine, 6 — tectonic line proved, 7 — tectonic line presumed, 8 — geological profile line

$$M \, 0,844 \, \text{g} \cdot \text{l}^{-1} \frac{\text{HCO}_3^- \, 91}{\text{Ca}^{2+} \, 58 \, \text{Mg}^{2+} \, 28} \quad T \, 14 \, ^\circ\text{C}$$

Výskyt studenej kyselky s premenlivou mineralizáciou sa viaže na bádenské sedimenty do hĺbky 40–46 m. Úroveň na-vrtania, resp. prítoky minerálnej vody do vrtov sú v rozličnej hĺbke pod terénom, takže nemožno hovoriť o jednom kolektore. Aj výtláčná úroveň sa mení v závislosti od možnosti vertikálneho medzivrstvového pretekania.

Typickým zástupcom studenej kyselky je minerálna voda Santovka, zachytená v hĺbke 24–41 m (vrt B-6).

Medzné hodnoty mval ‰ zástúpenia zložiek sú nasledujúce:

$$M \, 2,83 \, \text{g} \cdot \text{l}^{-1} \frac{\text{HCO}_3^- \, 72 \, \text{SO}_4^{2-} \, 14}{\text{Ca}^{2+} \, 48 \, \text{Na}^+ \, 28,5} \quad T \, 14 \, ^\circ\text{C}$$

$$M \, 4,67 \, \text{g} \cdot \text{l}^{-1} \frac{\text{HCO}_3^- \, 64 \, \text{Cl}^- \, 20}{\text{Na}^+ \, 40,72 \, \text{Ca}^{2+} \, 38} \quad T \, 14,2 \, ^\circ\text{C}$$

Studená kyselka s vyššou mineralizáciou ako predchádzajúca je v karbonatických horninách v hĺbke okolo 42–46 m (vrt B-11 a B-14). Kyselka má pozitívnu výtláčnú úroveň s prelevom do $0,2 \, \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$. Pre stredne mineralizovanú studenú kyselku je charakteristická prítomnosť H_2S . Mval ‰ zástúpenie zložiek vo vode z vrtu B-11 a B-14 je takáto:

$$M \, 6,26 \, \text{g} \cdot \text{l}^{-1} \frac{\text{HCO}_3^- \, 64 \, \text{Cl}^- \, 21}{\text{Na}^+ \, 44,5 \, \text{Ca}^{2+} \, 30}$$

$$\text{H}_2\text{S} \, 4,35 \, \text{mg} \cdot \text{l}^{-1} \\ T \, 16 \, ^\circ\text{C}$$

Od vody z vrtu B-11 a B-14 sa chemizmom čiastočne odlišuje studená kyselka z vrtu B-13 z hĺbky 25,5 m. Má zo všetkých doteraz zistených minerálnych vôd v Santovke najvyššiu mineralizáciu. Podľa mval ‰ zástúpenia zložiek:

$$M \, 6,82 \, \text{g} \cdot \text{l}^{-1} \frac{\text{HCO}_3^- \, 50,3 \, \text{Cl}^- \, 28,4 \, \text{SO}_4^{2-} \, 21,1}{\text{Na}^+ \, 47,6 \, \text{Ca}^{2+} \, 30,6} \quad T \, 16 \, ^\circ\text{C}$$

Je to voda hydrouhličitanovo-chlorido-vo-síranová, sodno-vápenatá. Vo vode sa zistil H_2S . Vrt je v silne preplynenom po-

ruhovom pásme.

Veľmi nízko termálna kyselka sa obom a akumuláciou viaže na karbonatické horniny bádenu. Pôvodné prírodné vývery zachytáva vrt B-3, ktorý v hĺbke 65,5 m zastihol silne zvodnené poruchové pásmo. Erupcia z vrtu a prelev s počiatkovou výdatnosťou okolo $50 \, \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ spôsobili zníženie tlakovej úrovne a zánik prírodných výverov medzi Santovkou a obcou Bory. Veľká výdatnosť na preleve vrtu B-3 svedčí o tom, že karbonatické horniny sú silne porušené alebo pravdepodobne aj skrasovatené.

Chemicky ide o hydrouhličitanovo-chloridovú sodno-vápenatú sírnu vodu s nasledujúcim mval ‰ zástúpením zložiek:

$$M \, 6,23 \, \text{g} \cdot \text{l}^{-1} \frac{\text{HCO}_3^- \, 62,98 \, \text{Cl}^- \, 22,32}{\text{Na}^+ \, 45,8 \, \text{Ca}^{2+} \, 30,72}$$

$$\text{H}_2\text{S} \, 6,52 \, \text{mg} \cdot \text{l}^{-1} \\ T \, 26,5 \, ^\circ\text{C}$$

Podľa teploty sa usudzuje o hĺbke obehu 450 m. Chemické zloženie podzemných vôd Santovky vyjadruje obr. 2.

Piezometrické pomery a s nimi úzko súvisiaca hydrodynamika obyčajnej a minerálnej vody sú rozhodujúcimi činiteľmi pre výsledný chemizmus studenej kyselky s premenlivou mineralizáciou.

Z hodnotenia čerpacích skúšok vypočítané koeficienty prietochnosti a parametre pretekania určené pomocou typových krieviek charakterizujú filtračné pomery bádenských uloženín, prostredia obehu minerálnej vody. V tab. 2 je ich prehľad a prehodnotený výpočty zo starších prác (Melioris et al., 1974).

Podľa hodnôt parametra pretekania možno bádenské sedimenty v okolí Santovky charakterizovať vertikálnym medzivrstvovým pretekaním. To spôsobuje netesnosť stropu a podlažia kolektora a ich tektonické porušenie.

Pretekanie potvrdzujú zmeny chemizmu minerálnej vody počas čerpacích skúšok a zmeny mineralizácie vrstvovej vody zis-

tené v priebehu hĺbenia hydrogeologických vrtov, ako aj počas dlhodobých režimných meraní.

Z výsledkov dlhodobých režimných meraní sa zistilo, že viac mineralizované vody (vrt B-3 a B-13) majú ustálený režim tlaku, resp. hladín podzemnej vody, obsahu CO_2 aj mineralizácie. Minerálne vody typu Santovka sú ovplyvňované temer bezprostredne atmosferickými zrážkami. Vo vrte HG-4, B-11 a v sledovaných vybratých súkromných studniach so zvyšovaním hladiny podzemnej vody klesá obsah CO_2 a mineralizácia.

Zmena hladiny obvyčajnej podzemnej

Prehľad hydrogeologických parametrov
Review of hydrogeological parameters

Tab. 2

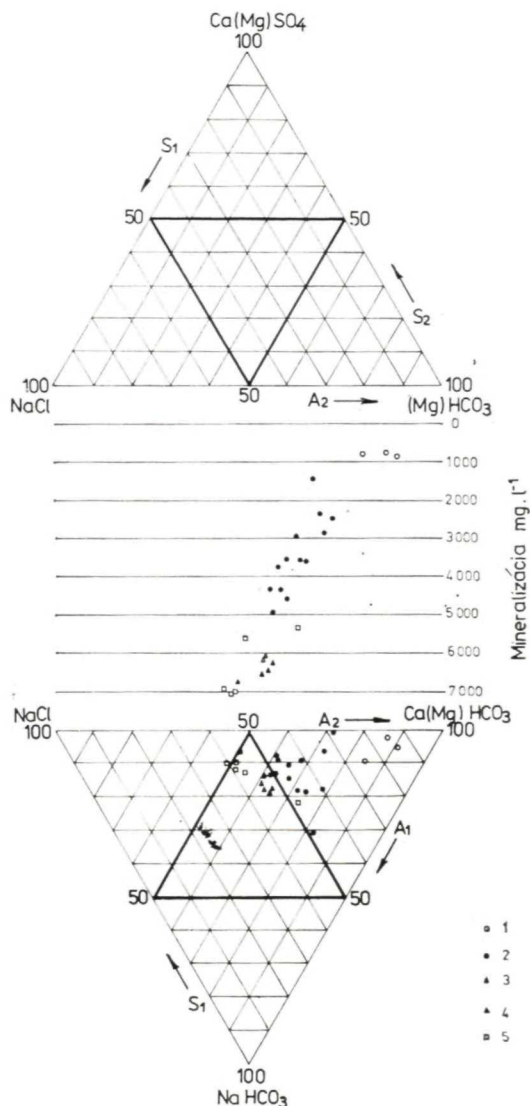
Vrt	T ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	r/B	Skúšaný úsek
HG-4	$1,0-2,2 \cdot 10^{-4}$	0,1	13,4—19,0 m
B-4	$2,8 \cdot 10^{-6}$	0,2	22,5—25,0 m
B-5	$6,4 \cdot 10^{-5}$	0,15	12,5—15,07 m
	$5,1 \cdot 10^{-5}$	0,2	12,6—16,6 m
B-6	$1,5-3,6 \cdot 10^{-4}$	0,2	10,7—41,3 m
B-7	$2,0 \cdot 10^{-5}$	0,1	12,5—15,5 m
B-7	$5,5 \cdot 10^{-6}$	0,3	15,0—18,9 m
B-11	$4,5-5,7 \cdot 10^{-5}$	0,15	16,5—24,8 m
B-15	$2,82 \cdot 10^{-4}$	0,15	2 —12,0 m
B-16	$9,88 \cdot 10^{-5}$	0,15	5 —10,0 m
	$4,98 \cdot 10^{-5}$	0,15	15 —20,0 m
	$3,04 \cdot 10^{-5}$	—	25 —35,0 m
HG-1	$5,6 \cdot 10^{-4}$	—	10 —13,5 m
	$4,74 \cdot 10^{-4}$	—	24 —28,5 m
	$5,2 \cdot 10^{-3}$	—	10 —33,0 m
HG-2	$6,05 \cdot 10^{-5}$	—	8 —10,0 m
			24 —34,0 m

Obr. 2. Klasifikačný diagram minerálnych vôd levicekej žriedlovej línie. 1 — obyčajná voda, 2 — minerálna voda s premenlivou mineralizáciou, 3 — nízko termálna voda, 4 — studená stredne mineralizovaná minerálna voda, 5 — ostatná geneticky zhodná voda levicekej žriedlovej línie

Fig. 2. Classification diagram of mineral water types along the "Levice mineral spring line". 1 — common water, 2 — mineral water of fluctuating mineralization degree, 3 — low-thermal water, 4 — cold mineral water, moderately mineralized, 5 — other sources of common origin in the "Levice mineral spring line" area

vody v kvartéri a neogéne vyvoláva zmenu vzájomného výškového pomeru tlakovej úrovne podzemnej vody v kolektore s vyššie mineralizovanou minerálnou vodou a spôsobuje zmeny v mineralizácii vody kolektorov charakterizovaných medzivrstvovým pretekaním.

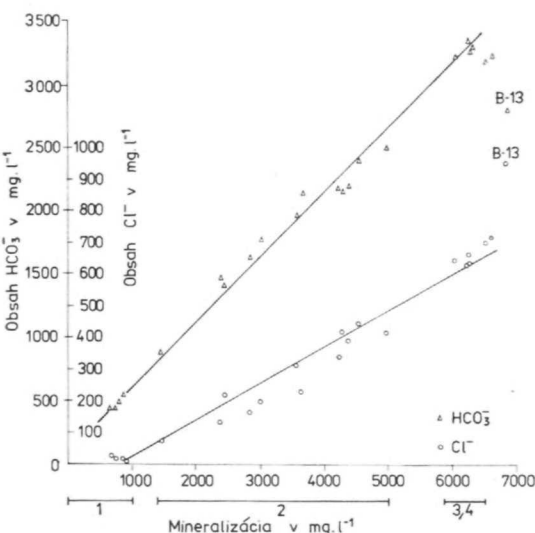
Zo statických podmienok nastáva vertikálne pretekánie smerom nahor, tam, kde je výtlačná úroveň vyššie mineralizova-



nej vody vyššia ako obyčajnej vody.

Výtlačná úroveň minerálnej vody v medzivrstvovo pretekavých kolektoroch určuje približne aj mineralizáciu vody. Čím viac sa približuje k hodnote výtlačnej úrovne vyššie mineralizovanej vody, tým je mineralizácia vyššia. To znamená, že v oblasti prirodzených výverov minerálnej vody je mineralizácia studenej kyselky najvyššia. S postupom hĺbenia vrtov sa v týchto miestach mení chemizmus s hĺbkou iba nepodstatne. Naopak, kde niet prirodzených výverov, s hĺbkou mineralizácia studenej kyselky narastá.

Pri dynamických zmenách hladiny podzemnej vody (pri čerpaní), keď sa tlaková úroveň minerálnej vody znižuje, je pre tvorbu mineralizácie rozhodujúci pomer



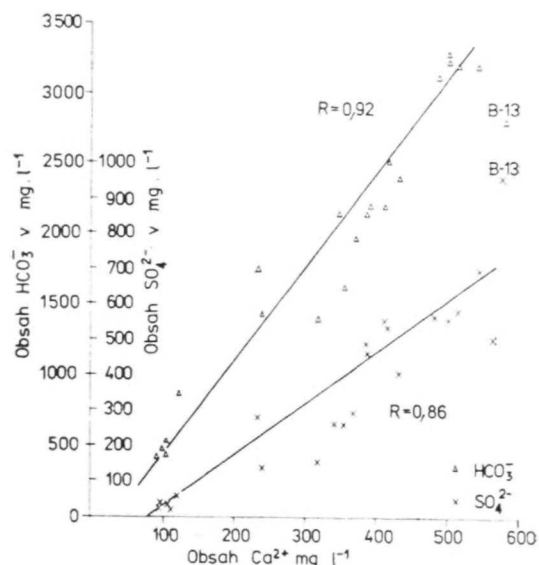
Obr. 3. Obsah hlavných aniónov v závislosti od mineralizácie vody. 1 — obyčajná voda, 2 — minerálna voda s premenlivou mineralizáciou, 3, 4 — stredne mineralizovaná minerálna voda a nízko termálna voda

Fig. 3. Relation between total mineralization and anion content. 1 — common water, 2 — mineral water of fluctuating mineralization degree, 3, 4 — mineral water, moderately mineralized and low-thermal water

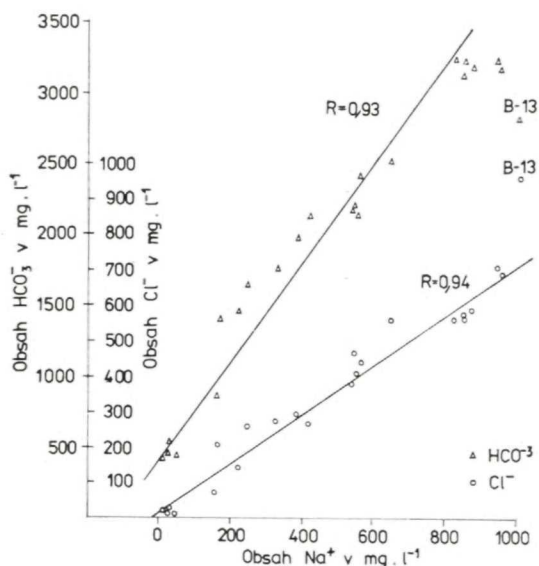
hladiny obyčajnej podzemnej vody k tlaku minerálnej vody v kolektoroch charakterizovaných medzivrstvovým pretekaním, čo, prirodzene, navyše ešte ovplyvňujú režimové zmeny hladiny obyčajnej vody v kvartéri a neogéne.

Opísaný mechanizmus tvorby chemizmu minerálnej vody typu Santovka dokumentujú obr. 3, 4, 5, znázorňujúce pomer medzi celkovou mineralizáciou a obsahom iónov HCO_3^- , Cl^- obsahom Ca^{2+} a HCO_3^- , SO_4^{2-} a obsahom Na^+ a HCO_3^- , Cl^- . Z nich jednoznačne vyplýva miešanie vody hlbšieho obehu s obyčajnou vodou. Zo schémy sa vymyká iba voda z vrtu B-13, kde rast HCO_3^- a Cl^- nezodpovedá tendencii ostatných vrtov (pokles HCO_3^- je spôsobený rastom SO_4^{2-} a Cl^- iónov).

Tvorbu minerálnej vody v Santovke možno vysvetliť nasledujúco: Minerálna voda hlbšieho obehu, teplejšia a s vyššou mineralizáciou, je pretláčaná do plytších polôh a tam sa mieša s obyčajnou vodou.



Obr. 4. Obsah SO_4^{2-} , HCO_3^- v závislosti od obsahu Ca^{2+}
Fig. 4. Contents of SO_4^{2-} and HCO_3^- in relation to Ca^{2+}



Obr. 5. Obsah HCO_3^- , Cl^- v závislosti od obsahu Na^+

Fig. 5. Contents of HCO_3^- and Cl^- in relation to Na^+

Prejavuje sa ako voda typu Santovky s mineralizáciou, ktorá kolíše v závislosti od opísaných tlakových pomerov.

Rozdielna teplota vody s vyššou mineralizáciou sa dá vysvetliť tak, že vrt B-3 zachytil termálnu vodu na jej výstupnej ceste, kde je pri veľkej výdatnosti ochladzovanie pri výstupe malé, resp. nijaké. Oveľa nižšiu výdatnosť studenej kyselky obdobného chemizmu spôsobuje prestup vody do plytších, menej porušených polôh (schému uvádza obr. 6), v ktorých sa voda ochladzuje.

Hydrochemická charakteristika obvyčajnej a minerálnej vody Santovky

Podľa chemického zloženia možno vyčlenené typy podzemnej vody v Santovke na základe zastúpenia jednotlivých zložiek v zmysle klasifikácie Palmera — Gaz-

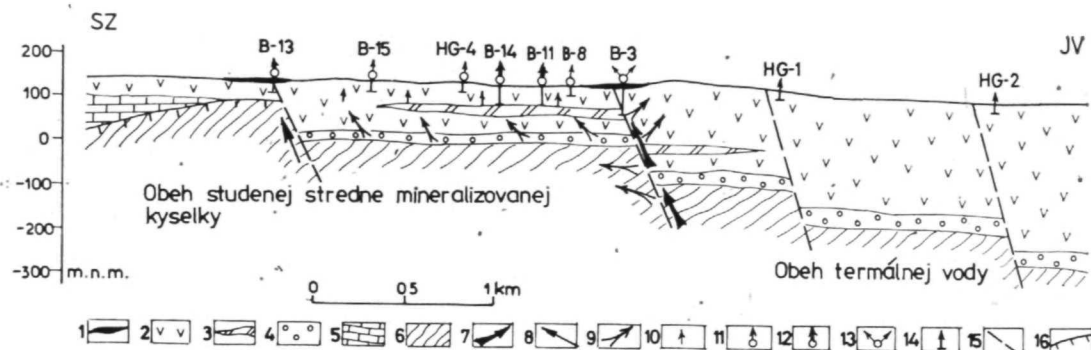
du (Gazda, 1971) charakterizovať nasledujúco:

1. Obyčajná podzemná voda je základného výrazného $\text{Ca}-\text{HCO}_3$ typu so zastúpením zložky A_2 na 67—86 ‰.

2. Studená kyselka s premenlivou mineralizáciou je základného nevýrazného $\text{Ca}-(\text{Mg})-\text{HCO}_3$ typu. So znižovaním mineralizácie je zreteľný prechod k narastaniu S_1 zložky až po 36 ‰ zastúpenie vo vode. V zásade sa pri narastaní mineralizácie dodržiava pomer $\text{S}_1(\text{Cl}) > \text{S}_1(\text{SO}_4)$ až $\text{S}_1(\text{Cl}) \approx \text{S}_1(\text{SO}_4)$.

3. Studená stredne mineralizovaná kyselka a veľmi nízko termálna voda sú prechodného typu, s prevládajúcou A_2 zložkou v rozpätí 43—47 ‰, zložka S_1 je zastúpená na 35—39 ‰. Výnimku tvorí voda z vrtu B-3, ktorá je zmiešaného typu, s prevahou A_2 zložky, pričom pomer $\text{S}_1(\text{Cl}) > \text{S}_1(\text{SO}_4)$. Zložitý chemizmus vody z vrtu B-3 a ostatnej vody „levickej žriedlovej línie“ sa vysvetľoval (Hynie, 1963) tak, že sa pôvodná voda karbonatických komplexov mezozoika pri prestupe neogénymi uloženinami metamorfuje za spolupôsobenia iónovýmeny. M. Maheľ (1952) vysvetľuje pôvod vody v Santovke, Dudinciach a Slatine z hydrogeochemického a geotektonického hľadiska. Na základe výsokej mineralizácie vody vyslovuje domnienku, či šťastie nejde o naftovú vodu. V prípade, že by išlo o vyslovene vadóznu vodu, predpokladá pri jej prítoku z J zvýšenie mineralizácie vody karbonatických komplexov v oligocéne (ide o zložku Na^+ , Cl^- , B^- , J^- , Br^-). Za predpokladu prítoku vody zo S (čo uvádza ako menej pravdepodobné) je možné zvýšenie mineralizácie vody karbonatických komplexov v helvète, kde sú možnosti výskytu soľných a sadrovcových polôh.

Ale novšie zistenie vody obdobného typu vo vrte ŠV-8 (Dolné Semerovce), vo vrte BB-1, 2 (Slatina) a B-10, 11, 13, 14 a 16 (Santovka) poukazuje na fakt, že ide o vodu



Obr. 6. Schematický hydrogeologický profil žriedlovej štruktúry Santovky. 1 — travertín — kvartér, 2 — neogén v celku, 3 — karbonátové polohy v bádeni, 4 — zlepenec — báden, 5 — karbonatické horniny vyšších západokarpatských príkrovov, 6 — veporikum vcelku, 7 — výstup termálnej vody, 8 — výstup studenej minerálnej vody, 9 — prestup termálnej vody do vyšších polôh, 10 — kolektory charakterizované medzivrstvovým pretekaním, 11 — vrty s minerálnou vodou typu Santovka, 12 — vrty so stredne mineralizovanou minerálnou vodou, 13 — vrty s nízko termálnou vodou, 14 — vrty zachytávajúce obyčajnú vodu, 15 — tektonické línie, 16 — násunová línia západokarpatských príkrovov

Fig. 6. Schematic hydrogeological section of the Santovka mineral spring structure. 1 — travertine, Quarternary, 2 — Neogene, undivided, 3 — carbonate layer in the Badenian sequence, 4 — conglomerate, Badenian, 5 — carbonate rocks of upper West Carpathian nappes, 6 — Veporic, undivided, 7 — thermal water yield, 8 — cold mineral water yield, 9 — thermal water passage into upper horizons, 10 — collector characterized by interlayer water flow passage, 11 — well with mineral water yield of the Santovka type, 12 — well with moderately mineralized water yield, 13 — well with low-thermal water yield, 14 — well trapping common water, 15 — fault, 16 — overthrust line of West Carpathian nappes

chemicky definitívne sformovanú v primárnom prostredí obehu, ktorým je súvisle zvodnený báden — bazálne klastiká, podložný trias, kremenec a pravdepodobne aj perm. O. Franko — S. Gazda (1967) predpokladajú, že pôvod síranov v stredne mineralizovanej vode z vrtu ŠV-8 pri neprítomnosti sadrovcových polôh v mezozoiku môže byť z polôh aleuritického ílu, lokálne obohateného sadrovcom, zisteného vo vrte ŠV-8. Obsah síranov by podľa nich mohol byť nepriamym dôkazom o migrácii bádenskej vody do podložných kolektorov.

Nedostatok hlbších hydrogeologických vrtov v priestore „levickej žriedlovej línie“ neumožňuje vyjadriť sa ku genéze stredne mineralizovaných vôd, ktoré možno považovať za primárne, jednoznačne, lebo nižšie mineralizované kyselky s premenlivou

mineralizáciou, ako sme už uviedli, vznikajú miešaním primárnej vody s obyčajnou vodou ako dôsledok medzivrstvového pretekania.

Ďalšie úvahy vysvetľujúce tvorbu minerálnej vody vychádzajú z najnovších poznatkov z plytkých vrtov žriedlových lokalít Santovka, Slatina a starších materiálov z Dudiniec a z vrtu ŠV-8. Jednotný genetický typ vyššie mineralizovanej vody dokumentuje tab. 3, v ktorej sa uvádza chemické zloženie aj ostatnej vody „levickej žriedlovej línie“. Tieto vody možno zaradiť do zmiešaného typu s prevahou $\text{Ca}-\text{HCO}_3$ zložky.

Z výsledkov termodynamických výpočtov v systéme voda — hornina — atmosféra sme sa pokúsili určiť základné procesy formujúce chemické zloženie podzemnej

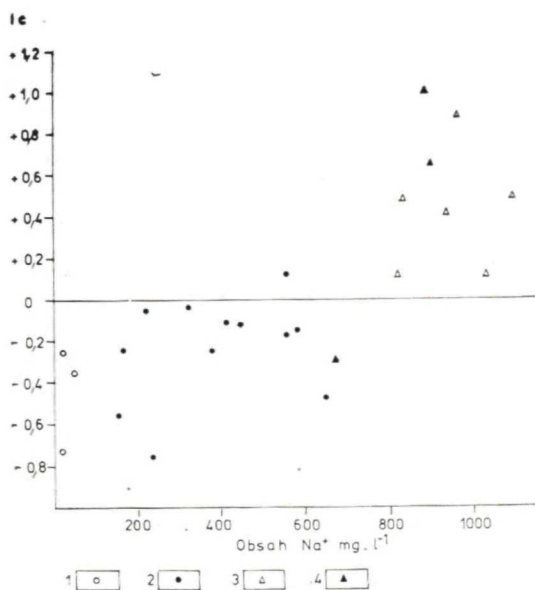
Chemizmus minerálnej vody levicekej žriedlovej línie
Chemistry of mineral waters in the "Levice mineral spring line" area

Tab. 3

Lokalita	D. Semerovce		Slatina		Dudince
vrť	ŠV-8 perm	ŠV-8 verfén	BB-1 verfén	BB-2 báden	S-3 verfén + báden
Mineralizácia mg. l ⁻¹	6934	7027	5572,5	7090	5339,4
Na ⁺	1266,7	1302,1	819,3	1090,3	666,0
K ⁺	81,5	120,0	161,6	216,0	134,4
Ca ²⁺	440,9	370,1	407,21	539,0	506,61
Mg ²⁺	194,6	243,2	152,7	168,3	141,05
Fe ²⁺	50,0	55,6	0,47	4,96	0,17
Mn ²⁺	st.	1,1	0,16	0,12	0,0
Cl ⁻	1134,4	1169,8	766	1010,0	315,67
SO ₄ ²⁻	808,2	822,2	593,8	783,5	536,76
HCO ₃ ⁻	2952,4	2970,7	2587,2	3179,0	3001,2
S _I (celkom)	49	50,7	44,52	46,34	29,55
S _I (Cl)	32,0	33,4	28,21	29,39	12,78
S _I (SO ₄)	17,05	17,3	16,19	16,83	16,63
A ₁	8,30	9,7	12,43	11,73	17,46
A ₂	40,0	37,5	43,01	41,90	52,96

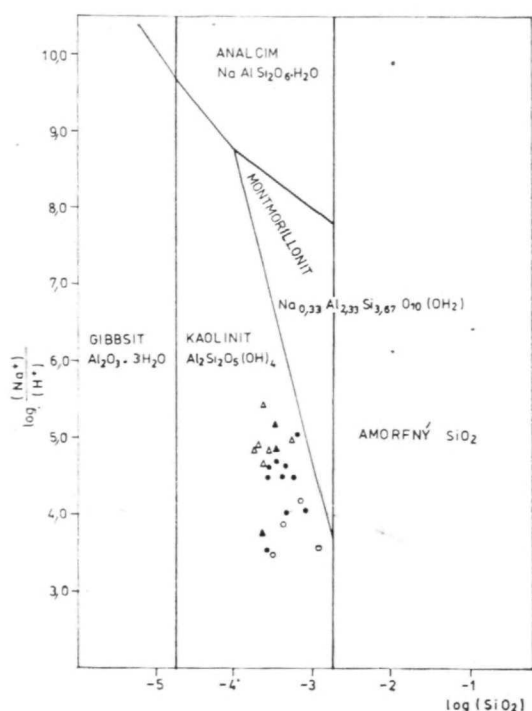
vody Santovky (v grafoch sa berú do úvahy aj analýzy z ostatných lokalít levicekej žriedlovej línie).

Zo závislosti Na⁺ od I_c (obr. 7) je zrejmý, aj keď nie celkom jednoznačne, posun k rovnovážnemu stavu, ba až k stavu presýtenia so vzrastom obsahu Na⁺. To indikuje, že Ca²⁺ a Na⁺ majú pravdepodobne sčasti spoločný genetický pôvod, a tým je hydrolytický rozklad silikátov. Blížšie to dokumentuje obr. 8. Zo stabilitného diagramu systému Na₂O — H₂O — Al₂O₃ — SiO₂ vidieť, že sa minerálne a termálne vody približujú k fázovému rozhraniu Na —



Obr. 7. Závislosť obsahu Na⁺ od I_c. 1 — obyčajná voda, 2 — minerálna voda s premenlivou mineralizáciou, 3 — nízko termálna voda, 4 — studená stredne mineralizovaná minerálna voda

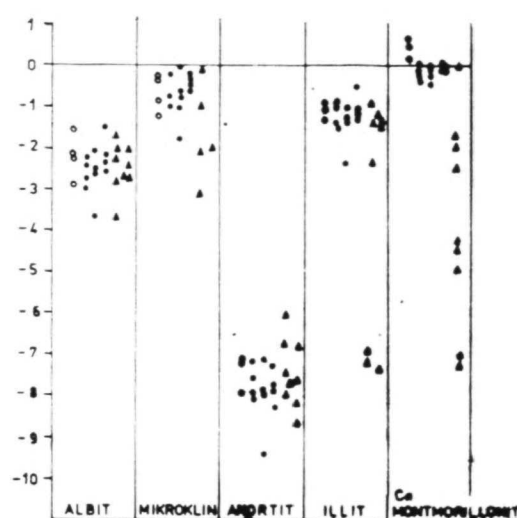
Fig. 7. Relation between Na⁺ content and the I_c value. 1 — common water, 2 — mineral water of fluctuating mineralization degree, 3 — low-thermal water, 4 — cold, moderately mineralized water



Obr. 8. Stabilný diagram systému. $\text{Na}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$
 Fig. 8. Stable diagram of the $\text{Na}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ system

montmorillonit — kaolinit. To znamená, že hydrolytický rozklad silikátov v obehovom prostredí dosiahol štádium, keď prestáva byť stabilným aj kaolinit a začína sa tvoriť montmorillonit. Lepšie to vidieť z obr. 9, ktorý znázorňuje rovnovážne stavy aktívnych systémov pri tvorbe chemizmu, a to albit — kaolinit, anortit — kaolinit, mikroklin — kaolinit, illit — kaolinit a Ca-montmorillonit — kaolinit. Analyzované vody sú prevažne ako nenasýtené stavy uvedených systémov. Najmenšie odchýlky od rovnovážneho stavu má obyčajná voda a kyselky s premenlivou mineralizáciou v systéme $I_{\text{cm-k}}$.

Stav blízky nasýteniu pri Ca-montmorillonite potvrdzuje predpoklad vyslovený na základe stabilného diagramu a zároveň

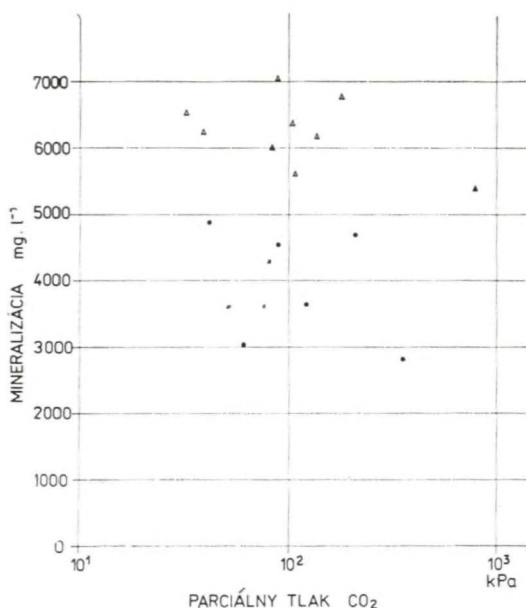


Obr. 9. Rovnovážne stavy systémov. Kaolinit — albit, anortit, mikroklin, illit, Ca-montmorillonit
 Fig. 9. Equilibrium states of systems. Kaolinite versus albite, anorthite, microcline, illite and Ca-montmorillonite

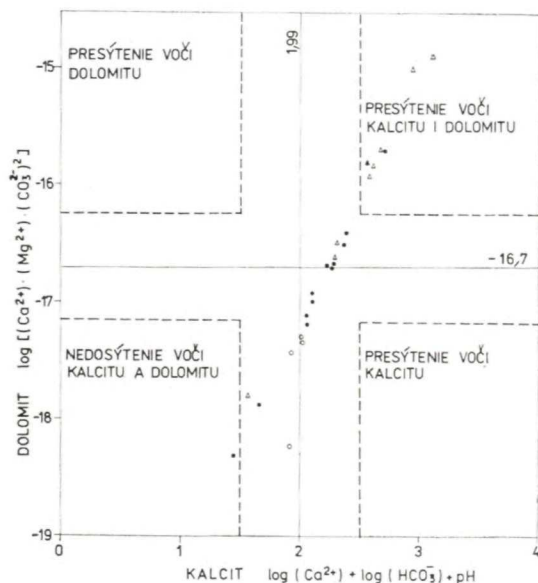
aj čiastočne vysvetľuje geochemickú zonalnosť v horninovom prostredí, kde Ca-montmorillonit môže v dôsledku presýtenia z vody vypadávať.

Podľa obr. 9 podliehajú hydrolytickému rozkladu silikátov predovšetkým živce s prevládajúcou Ab zložkou a An zložka sa uplatňuje podstatne menej. Postupnosť rovnovážnych stavov $I_{\text{cm-k}}$, $I_{\text{Ab-k}}$, $I_{\text{An-k}}$ zodpovedá stabilite týchto minerálov voči hydrolytickým účinkom vody. Obr. 10 uvádza závislosť mineralizácie od parciálneho tlaku CO_2 . Dokumentuje fakt, že pri vyššie mineralizovanej vode mineralizácia menej závisí od parciálneho tlaku CO_2 . Pri kyselke s premenlivou mineralizáciou je táto závislosť výraznejšia a čiastočne vysvetľuje aj posun chemizmu k chemizmu charakteristickému pre poloodkrytú vývevovú oblasť, odlišnému od vodného chemizmu akumuláčnej oblasti.

Vzťahy nasýtenia ku karbonatickému

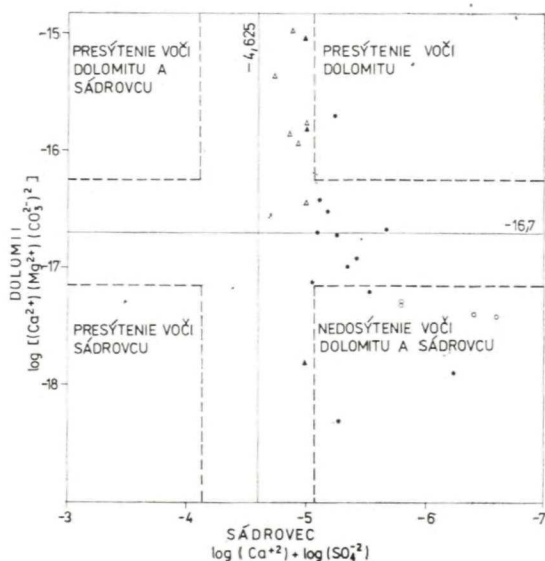


Obr. 10. Závislosť mineralizácie od $p\text{CO}_2$
Fig. 10. Relation between mineralization and $p\text{CO}_2$



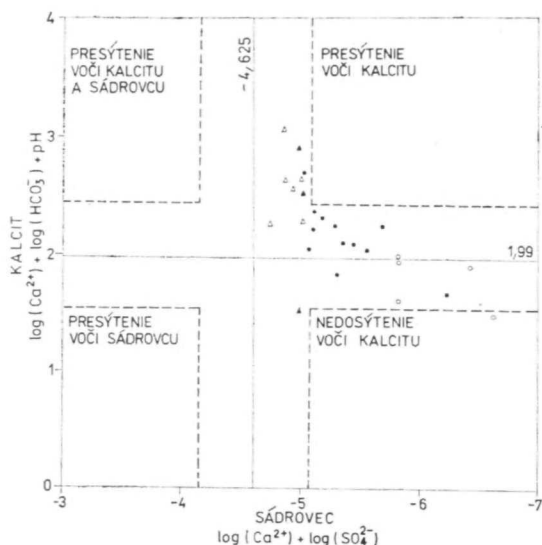
Obr. 11. Vzťah nasýtenia dolomitom a kalcitom
Fig. 11. Relation between dolomite and calcite saturation

prostrediu a k sadrovcu sú na obr. 11, 12, 13. Prevažná časť vôd je presýtená voči kalcitu a dolomitu a prejavuje sa výrazná nedosýtenosť k sadrovcu. Nižšia korelačná závislosť v obsahu Ca^{2+} a SO_4^{2-} ($R = 0,86$), ako aj nižšie hodnoty SO_4/M 0,09–0,14 oproti typickým sulfátogénnym vodám ($\text{SO}_4/\text{M} = 0,3\text{--}0,4$) potvrdzujú predpoklad O. Franka a S. Gazdu (1968) o pôvode SO_4^{2-} z lokálne sadrovcom obohatených polôh bádenu. Neprítomnosť zložky $\text{S}_2(\text{SO}_4)$ a naopak pomerne stále zastúpenie zložky $\text{S}_1(\text{SO}_4)$ vo všetkých hodnotených vodách ľavej zriedlovej línie umožňujú vysloviť predpoklad, že sa zložka Na_2SO_4 dostáva do vody ako výsledok vzájomného pôsobenia vody Na—HCO_3 typu na sadrovec.



Obr. 12. Vzťah nasýtenia dolomitom a sadrovcom
Fig. 12. Relation between dolomite and gypsum saturation

Za predpokladu migrácie bádenskej vody do podloží kolektorov treba zložke Na—Cl pripísať sčasti marinogénny pôvod. To je v súlade s náhľadom O. Franka



Obr. 13. Vzťah nasýtenia kalcitom a sádrovcom

Fig. 13. Relation between calcite and gypsum saturation

a S. Gazdu (1968), ktorí vylučujú možnosť jednotného pôvodu celého obsahu rozpustných látok v minerálnej vode z vrtu ŠV-8.

Využiteľné množstvo minerálnej vody

Prieskumné práce sa orientovali na získanie studenej nízko mineralizovanej kyselky vhodnej na plnenie. Pri stanovovaní využiteľnej výdatnosti sa vychádzalo z výsledkov dlhodobých a poloprevádzkových čerpacích skúšok, počas ktorých sa sledovali zmeny chemizmu minerálnej vody a obsahu CO_2 v závislosti od zníženia tlakovej úrovne minerálnej vody. Požiadavkám ČSN 868 000 chemickým zložením vyhovuje voda z vrtu B-11, B-14, B-15 a HG-4. Nízky obsah CO_2 vylúčil z exploatácie vrt B-11 a malá výdatnosť B-14.

Z využiteľných zdrojov kyselky s premenlivou mineralizáciou sa odporučil odber z vrtu HG-4 v množstve $0,45 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, z vrtu B-15, $0,47 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Z vrtu B-13 sa od-

poručil odber $1,25 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Pre vysokú mineralizáciu kyselka nezodpovedá požiadavkám ČSN o stolovej minerálnej vode, ale možno ju využívať zmiešanú s vodou z vrtu B-6, HG-4, resp. B-15, a to ako doplnkový zdroj pri nárazovo zvýšenej potrebe minerálnej vody pre plniareň.

Hlavné zásady kvalitatívnej ochrany minerálnej vody

Studená kyselka sa v Santovke zachytáva vo výverovej oblasti minerálnych vôd. Fakt, že ide o poloodkrytú výverovú oblasť, poukazuje na citlivosť režimu minerálnej vody vo vzťahu k obvyčajnej vode a ostatným činiteľom ovplyvňujúcim režim obvyčajnej vody. Kvalitu minerálnej vody ovplyvňuje kolísanie obsahu CO_2 a kolísanie mineralizácie.

V zásade nemožno vylúčiť ani možnosť ohrozenia kvality minerálnej vody prípadným povrchovým znečistením, hlavne podzemnej vody v kvartéri.

Kvantitatívne ovplyvnenie môže byť nepriame (prechodného alebo trvalého charakteru) v dôsledku zhoršenia kvality minerálnej vody. Zhoršeniu kvality minerálnej vody sa v takom prípade dá predísť znížením čerpaného množstva, t. j. zvýšením tlakovej úrovne minerálnej vody na udržanie optimálneho pomeru hladiny obvyčajnej podzemnej vody a tlakovej úrovne minerálnej vody. Prechodné kvantitatívne ovplyvnenie môže byť v dôsledku pravidelných režimových zmien obvyčajnej podzemnej vody. Trvalý vplyv na kvalitu zdrojov by mohli mať významnejšie vodohospodárske úpravy v okolí výverovej oblasti.

Ochrana minerálnej vody v Santovke zásadne závisí od optimálnych vzájomných tlakových pomerov medzi vyššie mineralizovanou kyselkou a nízko termálnou kyselkou, kyselkou s premenlivou minerali-

záciou a obyčajnou podzemnou vodou. To sa dá dosiahnuť:

- dodržiavaním konštantnej tlakovej úrovne vyššie mineralizovanej vody reguláciou odberu z vrtu B-3,
- zamedzením nadmerného odberu obyčajnej vody z kvartéru a kolektorov neogénu v blízkosti výverovej oblasti,
- zamedzením vodohospodárskych úprav, ktoré by znamenali zníženie alebo zvýšenie hladiny obyčajnej vody,
- dôsledným dodržiavaním režimu exploatacie daným optimálnym znížením tlakovej hladiny minerálnej vody v exploatovaných zdrojoch.

Recenzoval O. Franko

LITERATÚRA

- Franko, O. — Gazda, S. 1967: Hydrogeologické odskúšanie vrtu ŠV-8 v Dolných Semerovciach. (Čiastková záverečná správa.) *Manuskript — Geofond, Bratislava*, 15 s.
- Franko, O. — Gazda, S. — Michalíček, M. 1975: Tvorba a klasifikácia minerálnych vôd Západných Karpát. *Bratislava, GÚDŠ*, 188 s.
- Henzel, J. 1951: Balneografia Slovenska. *Bratislava, VSAV*, s. 175—180.
- Hyánková, K. — Krahulec, P. — Melioris, L. 1969: Minerálne a termálne vody „Levickej žriedelnej línie“. In: *Zbor. prác II. medzinárodného balneologického sympózia v Piešťanoch*, s. 191—197.
- Hyníe, O. 1963: Hydrogeologie. II. díl. Minerální vody. *Praha, ČSAV*, s. 651—669.
- Ivan, L. 1952: Geologická stavba a minerálne pramene okolia Levíc. *Geol. práce Štát. geol. úst.*, s. 5—17.
- Maheľ, M. 1952: Minerálne pramene Slovenska so zreteľom na geologickú stavbu. *Geol. práce, Zoš. (Bratislava)*, 27, 59 s.
- Maheľ, M. 1952: Slané vody pri južnom okraji Krupinskej vrchoviny. *Geol. práce, Zoš. (Bratislava)*, 32, s. 23—29.
- Melioris, L. et al., 1974: Minerálne a termálne vody „Levickej žriedelnej línie“. (III. čiastková správa.) *Manuskript — Slovakoterma*, 98 s.
- Orvan, J. 1962: Správa o možnosti získat nový zdroj minerálnej vody v Santovke. *Manuskript — IGHP Žilina*, 35 s.
- Orvan, J. — Dolník, V. 1965: Hydrogeologický prieskum minerálnych vôd v Santovke. *Manuskript — IGHP Žilina*, 65 s.
- Orvan, J. — Tkáčik, P. 1966: Deštrukcia a ochrana režimu minerálnej vody v Santovke. *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 38, s. 165—174.
- Orvan, J. 1969: Nové poznatky z hydrogeologického prieskumu santovsko-malinoveckej žriedlovej sústavy. In: *Zbor. prác II. medzinárodného balneotechnického sympózia v Piešťanoch*, s. 422—430.
- Porubský, A. 1969: Minerálne vody v Santovke a možnosti rozšírenia ich exploatacie. *Manuskript — autor*, 47 s.
- Porubský, A. — Hlavatý, Z. — Oberanuer, M. 1969: Hydrogeologická pozícia termálnych vôd v Kalinčiakove a ich výskum. In: *Zbor. prác II. medzinárodného balneotechnického sympózia v Piešťanoch*, s. 208—220.
- Pospíšil, Z. 1971: Zpráva o plynové prospekci v oblasti Santovky. *Manuskript — Geotest Brno*, 8 s.
- Vass, D. et al., 1980: Niektoré črty geologického vývoja podunajskej panvy. In: *Materiály XXIII. celoštátnej geologickej konferencie SGS, Bratislava, GÚDŠ*, s. 141—152.

Hydrogeological and hydrochemical experience from prospection in the Santovka source area

ZORA BONDARENKOVÁ

Hydrogeological prospection in the Santovka mineral spring area (South Central Slovakia) aimed at assuring mineral water supply for bottling purposes. The result led

moreover to new hydrogeological and hydrochemical knowledge of the whole area.

Cold mineral water yields and sources of low-thermal water in the Santovka mineral

spring area participate on the so called "Levice mineral spring line" structure. Several sources are concentrated along the Turovce—Levice horst structure namely into its partial Turovce and Levice domains. Water yields are due to the elevation of a Veporic crystalline basement as the result of considerable faulting in the basement and its cover.

Both mineral and thermal waters are the western marginal manifestation of a unique ground water system of composite chemistry and of common genesis together with further source structures at Slatina, Dudince and Horné Turovce localities.

Ground waters in the Santovka area may be classified on the base of chemistry as follows.

- Common ground water from sediments of Quarternary and Neogene age with mineralizations attaining as high as $650\text{--}850\text{ mg.l}^{-1}$,

- Cold mineral water, slightly mineralized, with total mineralizations fluctuating in the $1,00\text{--}5,000\text{ mg.l}^{-1}$ range and $14\text{--}16^\circ\text{C}$ temperature,

- Cold mineral water, moderately mineralized, of total mineralization between $6,000\text{--}6,800\text{ mg.l}^{-1}$ and $15\text{--}16^\circ\text{C}$ temperature,

- Very low-thermal mineral water, moderately mineralized, of total mineralization between $6,000\text{--}6,200\text{ mg.l}^{-1}$ and of $26.5\text{--}27.5^\circ\text{C}$ temperature.

The moderately mineralized cold mineral water from the B-13 well in Santovka together with the thermal water yield by the ŠV-8 well in Dolné Semerovce may be assumed to represent the primary water of the area. Mineral waters of fluctuating mineralization degree reveal chemistries influenced by vertical interlayer flow passage. The intensity of this flow passage and by that also the amount of bed water mineralization in collectors down to 46 m depth are influenced by hydrodynamic conditions i. e. by the relations of common ground water table in Quarternary sediments or in collectors of Badenian and Sarmatian age to the hydraulic

delivery level of the moderately mineralized water. During the exploitation, the relation between the groundwater level in Quarternary sediments and in collectors of the mineral water appears as decisive factor.

The influence of regime fluctuations of the common groundwater table level remains, however, greater. Results of thermodynamic calculations point to mixed genesis of primary water. It is partly of marinogenous and partly of petrogenous origin. Hydrolithic decomposition of silicates and leaching of carbonate and gypsum layers within sediments of Badenian age influence mostly the petrogenous part of mineralization.

The knowledge of regular changes in water chemistry stated during the well drillings, the results of long-term pumping tests as well as the course of regime observations allowed to define exploitation amounts trapped from new wells with regard to the mineral water quality for bottling purposes. Trapping of 0.45 to 0.47 l.s^{-1} has been recommended from B-15 and HG-4 wells respectively whereas amounts as high as 1.25 l.s^{-1} may be trapped from the B-13 well under the condition of its mixing with more slightly mineralized water.

The basic conditions for the protection of the Santovka mineral spring area are given by the maintenance of following conditions.

- by keeping the constant pressure level of mineral waters of higher mineralization degree through the regulation of trapping from the B-3 well,

- through hindered trapping of common water from Quarternary and Neogene beds near the source area,

- preventing water management modifications which may change the common water table level with free surface in the Quarternary and Neogene,

- by consistent maintenance of water exploitation regime given by optimum depression of mineral water table level in exploited wells.

Preložil I. Varga