

1 B 19 b

31/97



GEOLOGICKE PRÁCE

ISSN 0433-4795

SPRÁVY

102

1 B 198
grainy 102 new

Ústredná geologická knižnica SR
ŠGÚDŠ



3902001016667

**GEOLOGICKÉ
PRÁCE
SPRÁVY 102**

Vedecký redaktor

RNDr. Miloš RAKÚS, CSc.

Predseda edičnej rady

RNDr. Jozef VOZÁR, CSc.

Členovia edičnej rady

RNDr. V. BEZÁK, CSc., RNDr. D. BODIŠ, CSc., RNDr. M. ELEČKO, CSc., RNDr. M. GARGULÁK, CSc., RNDr. P. GREČULA, DrSc., RNDr. V. HANZEL, CSc., RNDr. J. HATÁR, CSc., Ing. J. HRTUSOVÁ, doc. RNDr. M. KALIČIAK, CSc., RNDr. A. KLUKANOVÁ, CSc., RNDr. P. KOVÁČ, RNDr. J. LEXA, CSc., RNDr. J. MELLO, CSc., RNDr. M. POLÁK, CSc., RNDr. M. POTFAJ, CSc., RNDr. M. RAKÚS, CSc., doc. RNDr. D. VASS, DrSc., doc. RNDr. A. VOZÁROROVÁ, DrSc.



VYDAVATEĽSTVO DIONÝZA ŠTÚRA, BRATISLAVA 1996

GEOLOGICKÉ PRÁCE

SPRÁVY

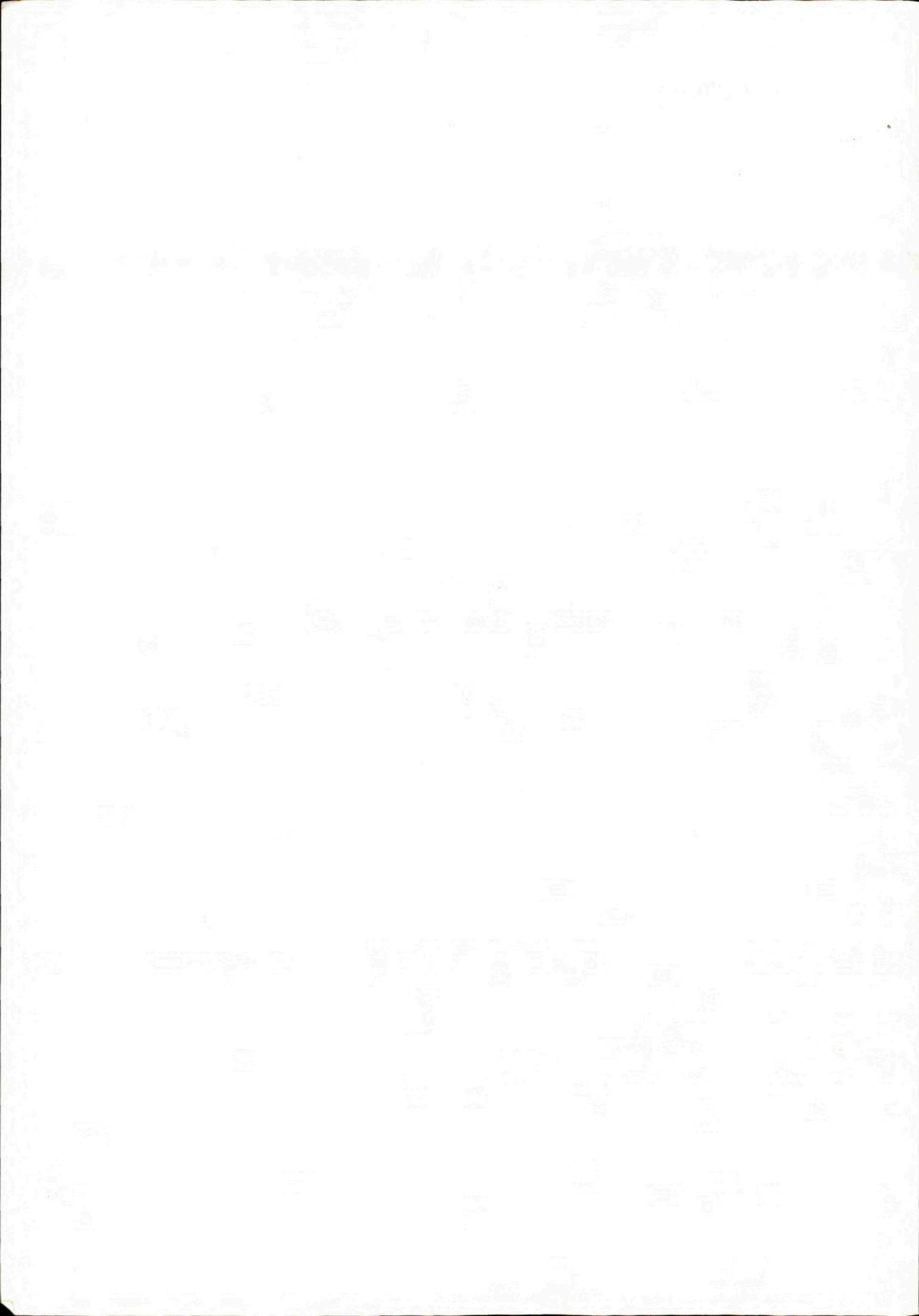
102



Obsah – Contents

FRANKO, O.: RNDr. Ján Jetel, CSc., šesťdesiatročný _____	7
BODIŠ, D., LOPAŠOVSKÝ, K.: Možnosti využitia minerálneho obsahu prírodných vôd na Slovensku _____	15
PETRO, L., POLAŠČINOVÁ, E.: Inžinierskogeologické vlastnosti kvartérnych sedimentov v okolí Moldavy nad Bodvou _____	27
ZLINSKÁ, A.: Mikrofauna vranovského súvrstvia z vrtu BB-1 (Byšta, Východo- slovenská nížina) _____	37
FILO, I., SIRÁŇOVÁ, Z.: Tomášovské vrstvy – nová litostratigrafická jednotka podtatranskej skupiny _____	41
FORDINÁL K., NAGY A.: Fauna panónskych sladkovodných vápencov okolia Turčianok (západný okraj pohoria Tribeč) _____	51
BEŇKA, J., ĎURŽA, O.: Mineralógia, paragenéza, geochémia a termonapätie pyritov ložiska Nižná Slaná _____	55
BODIŠ, D., BOROSOVÁ, S.: Hydrogeochemické zhodnotenie minerálnych a geotermálnych vôd Liptovskej kotliny: aplikácia faktorovej analýzy _____	65
VASS, D., HOLCOVÁ, K., KAROLI, S. a SUBALLYOVÁ, D.: Príspevok k poznaniu vývoja kladzianskeho súvrstvia (mladší karpát) vo východoslovenskej panve _____	71
KÚŠIK, R.: Príspevok k poznaniu zeolitov Cu-porfýrového ložiska Zlatno v Štiavnických vrchoch _____	79

GEOLOGICKÁ SLUŽBA SLOVENSKEJ REPUBLIKY KNIŽNICA, Bratislava	
Signatúra :	13 196
Inv. čís. :	31/94
Sk :	=60.-
Získané :	PV
Prílohy :	-



RNDr. Ján Jetel, CSc., šesťdesiatročný



V kruhu spolupracovníkov oslávil s príslovečnou energiou a nenapodobiteľným tvorivým elánom svoje jubileum významný vedecký pracovník RNDr. Ján Jetel, CSc. Narodil sa 12. 6. 1935 v Prahe. Po skončení štúdia hydrogeológie na Geologicko-geografickej fakulte Karlovej univerzity v Prahe začal pracovať v Ústrednom ústave geologickom v Prahe. V r. 1970 obhájil kandidátsku dizertačnú prácu a získal vedeckú hodnosť kandidáta vied. Od roku 1986 pracuje v Geologickom ústave Dionýza Štúra v Bratislave, pracovisko Košice¹. V roku 1987 ho SAV zaradila medzi vedúcich vedeckých pracovníkov.

Pracovná činnosť dr. Jána Jetela ako vedca, organizátora a pedagóga je mnohostranná. Jeho všestranné odborné vedomosti a jazykové znalosti podmienili riešenie širokého záberu problémov a znamenali mnohé vedecké prínosy pre rozvoj slovenskej, česko-slovenskej aj svetovej hydrogeológie.

Regionálne výskumy

V rokoch 1959–1964 sa v rámci vládnej úlohy Riešenie ochranných pásiem kúpeľov Karlovy Vary zaoberal výskumom hydrogeológie sokolovskej panvy a ochranou karlovarských prameňov pred účinkom ťažby uhlia. V rokoch 1962–1971 pracoval pri základnom geologickom výskume podložia českej kriedy, kde vedľa vlastného výskumu vyvíjal metodiku hydrogeologických prác v špecifických podmienkach malopriemerových hlbokých štruktúrnych vrtov do hĺbky 1–2 km.

Hlavným výsledkom bolo stanovenie zákonitostí zmien priepustnosti permokarbónskych kolektorov s hĺbkou (na túto tému spracoval aj svoju kandidátsku dizertačnú prácu) a definovanie schémy vertikálnej hydrogeochemickej zonálnosti, ktorá má platnosť aj v iných oblastiach.

V rokoch 1965–1972 riešil zložitú problematiku možností ťažby čierneho uhlia novoobjavenej mšenskej panvy medzi Mělníkom a Jizerou z hľadiska ochrany bohatých zdrojov podzemnej vody českej kriedy, využitých pre skupinový vodovod Kladno – Slaný – Mělník – Kralupy. Jeho návrhy na riešenie boli akceptované ako východisko projekcie otvorenia a ťažby ložiska a podrobného prieskumu. V rokoch 1971–1975 bol koordinátorom hlavnej úlohy štátneho plánu rozvoja vedy a techniky Komplexný hydrogeologický výskum podzemných vôd a vedúcim čiastkovej úlohy Základný regionálny hydrogeologický výskum vybraných oblastí ČSR. Súčasne sa zaoberal regionálnym výskumom minerálnych vôd Východočeského kraja a regionálnym výskumom permokarbónu a triasu českej časti dolno-sliezskej panvy a flyšu sliezskej jednotky v Moravsko-sliezskych Beskydách.

V rokoch 1972–1976 viedol úlohu Hydrogeologický a hydrodynamický výskum štruktúr pre podzemný zásobník plynu vo východných Čechách. Od roku 1970 sa začal sústreďovať najmä na hydrogeologický a hydrogeochemický výskum karpatského flyšu od Bielych Karpát a Ždánického Lesa až po západný okraj Oravskej Magury a na sústavné spracúvanie hydrogeológie a hydrogeochémie pre základné geologické mapy 1 : 25 000 vo flyšových oblastiach ČSR.

V rokoch 1981–1985 pokračoval v hydrogeologickom výskume uhľonosných formácií Českého masívu, ktorý zavŕšil v r. 1985 syntézou poznatkov o hydrogeológii a hydrogeochémii hlbších častí permokarbónu podložia českej kriedy a podkrkonošskej panvy. Zaoberal sa aj otázkami geotermálnej energie – od geotermickej bilancie a regionálnych interpretácií zemského tepelného toku cez vypracovanie prognóz využiteľných zdrojov geotermálnej energie v ČSR až po otázky ovplyvnenia zemského tepelného poľa prúdením podzemných vôd. V rokoch 1979–1983 sa podieľal na riešení štátnej úlohy Využitie zemského tepla suchých hornín v ČSR.

V období 1986–1990 sa zaoberal regionálnym hydrogeologickým výskumom Hornádskej kotliny (už ako pracovník GÚDŠ Bratislava) a výskumnými hydrogeologickými vrtmi získal okrem iného využiteľné zdroje termálnych a obyčajných vôd. V rokoch 1986–1990 sa ďalej venoval aj systematickému hodnoteniu zákonitostí priestorovej a štatistickej distribúcie priepustnosti a prietočnosti hornín centrálnokarpatského paleo-

¹ od 1. 1. 1996 Geologická služba SR

génu a flyšového pásma Karpát. Pri spolupráci na úlohách regionálneho geologického výskumu spracoval hydrogeologické pomery v j. časti Košickej kotliny a Slanských vrchov, z. a s. okrajov Východoslovenskej nížiny, Vihorlatských vrchov a j. okraja Ondavskej vrchoviny.

V rokoch 1991–1993 robil hydrogeologický výskum Spišskej Magury a niekoľko metodicko-teoretických úloh. Od r. 1994 sa venuje hydrogeologickému výskumu a mapovaniu Ľubovnianskej vrchoviny a hodnoteniu hydrogeologických podmienok uskladňovania rádioaktívneho a ostatného nebezpečného odpadu v jednotlivých regiónoch Slovenska. Okrem toho prehodnocuje hydrogeologické a hydrogeochemické poznatky o regiónoch východného Slovenska pre potreby vyhľadávania ložísk uhlíkovdioxidu.

Spracúvanie máp

Pri spracovaní edície hydrogeologických máp ČSSR 1 : 200 000 bol redaktorom listov Liberec – Náchod a Gottwaldov (Zlín). Spolupracoval na zostavení Medzinárodnej hydrogeologickej mapy Európy 1 : 1 500 000 (UNESCO), kde spracoval české a slovenské územie pre listy C4 Berlin a D4 Warszawa a časti listov C5 Bern a D5 Budapest. Podieľal sa na zostavení Mapy hydrogeofaktorov západných Vonkajších Karpát ako súčasti Geologického atlasu západných Vonkajších Karpát a ich predpolia, ktorý vydal Państwowy Instytut Geologiczny Warszawa s Geologickým ústavom D. Štúra Bratislava. V r. 1989 spracoval (spolu s A. Vranovskou a L. Škvarkom) hydrogeologickú mapu s. časti Košickej kotliny a Slanských vrchov v mierke 1 : 50 000.

Metodické a teoretické práce

Okrem poznatkov z regionálnych výskumov sú veľkým prínosom pre hydrogeológiu práce dr. Jetela na poli metodickom a teoretickom. Značnú pozornosť venoval rozvíjaniu metodiky hydrogeologického výskumu. Sústavne sa zaoberal zavádzaním metód neustáleného prúdenia u nás. Jeho práce z r. 1965 boli prvými prácami, ktoré zoznámali našu odbornú verejnosť s touto problematikou, rozvíjanou dovtedy iba v zahraničí. Je spoluautorom prvých skript o podzemnej hydraulike hlbokých štruktúr (Bratislava, 1967). Zaviedol a rozvinul použitie aproximatívnych logaritmických hydraulických parametrov (index priepustnosti Z, index prietočnosti Y), ktoré sa uplatnili najmä pri regionálnom hodnotení hydraulických vlastností hornín. Veľa pozornosti venoval metodike interpretácie výsledkov hydrodynamických skúšok, najmä v hlbokých vrtoch a puklinových kolektoroch. Vypracoval klasifikáciu priepustnosti hornín a zaoberal sa aj klasifikáciou chemizmu podzemných vôd a grafickým zobrazením chemizmu prírodných vôd. Spolu s T. Pačesom (1979) vypracoval klasifikáciu chemizmu prírodných vôd na základe molárnej koncentrácie. Vypracoval aj metódy využívajúce hydrochemické údaje na kvantitatívne vyjadrenie hydrodynamických vzťahov pri regionálnom výskume (definovanie indexu vertikálnej hydrochemickej zonálnosti a relatívnej informačnej entropie pre hydrogeochemické mapy).

Bol iniciátorom a aktívnym účastníkom prípravy celoštátneho automatizovaného systému ukladania a vyhľadávania hydrogeologických a hydrochemických dát (hydrogeologickej banky dát). Na základe jeho návrhov sa tento systém začal realizovať v Geofonde Bratislava.

V rokoch 1981–1985 viedol riešenie úlohy Metódy výskumu hydraulických vlastností puklinových kolektorov, ktorého výsledky prezentoval v rade výskumných správ a publikácií. Popritom na základe štúdia vzťahov chemizmu podzemných a hydrodynamických podmienok v rozpukaných horninách odvodil originálnu metódu stanovenia priepustnosti príporchovovej zóny z hydrochemických a geomorfometrických charakteristík zostupných prameňov. V ďalších rokoch pokračoval vo výskume a vývoji metód nepriameho stanovenia hydraulických parametrov hornín v územiach bez hydrogeologických vrto. Vychádzal pri tom z kombinácie geomorfometrických charakteristík reliéfu s údajmi o podzemnom odtoku, o výdatnosti prameňov a o koncentrácii jednotlivých zložiek chemizmu v podzemných vodách. V rokoch 1991 až 1993 vyvíjal metodiku stanovenia hydraulických parametrov pre regionálne prognózy, čo vyústilo do radu metodických inovácií regionálneho hydrogeologického hodnotenia.

Dr. Ján Jetel sústavne pracoval na systemizácii a spresňovaní našej hydrogeologickej terminológie (spracoval okrem iného hydrogeologickú časť Encyklopedického slovníka geologických vied; Academia Praha, 1983) a je spoluautorom hydrogeologickej terminologickej normy. Podieľal sa aj na spracovaní terminologickeho štandardu RVHP Hydrogeológia (1980). V súčasnosti ako zostavovateľ spolu s O. Frankom pripravil na vydanie Geologický terminologický slovník – Hydrogeológia. Je autorom metodiky zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 (1983), podľa ktorej sa zostavili prvé mapy tejto edície u nás a z ktorej vyšiel aj upravený návrh (s P. Malíkom, 1992, 1994), prijatý ako smernica MŽP na edíciu týchto máp v SR.

Publikačná činnosť

Činnosť dr. Jetela je veľmi bohatá nielen na poli výskumom, ale aj publikačnom. Výsledky výskumov sú uvedené v 220 rukopisných správach a 168 publikáciách. Z publikácií treba vyzdvihnúť hlavne jeho 3 knižné vedecké diela, a to Minerálne vody Východočeského kraja (s L. Rybářovou, 1975), Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech (1982) a Metody regionálního hodnocení hydraulických vlastností hornin (1985). Posledné dve diela sa stali každodennými teoretickými i praktickými pomôckami hydrogeológov, ktoré posúvajú vývoj vedného odboru významne dopredu.

Pedagogická a odborná-organizačná činnosť

Činnosť dr. Jána Jetela je plodná aj na poli odborná-organizačnom a pedagogickom. V rokoch 1967–1974 bol vedúcim výskumnej skupiny hydrogeológie Ústredného ústavu geologického v Prahe. Dlhé roky pracoval

ako člen komisií na obhajoby kandidátskych a doktorských prác v odbore hydrogeológie a ako člen komisie na aprobáciu máp ÚÚG. V rokoch 1963–1986 bol členom redakčnej rady Hydrogeologickej ročenky, v rokoch 1974–1990 pracoval ako vedecký redaktor časopisu *Sborník geologických věd – Hydrogeologie, inž. geologie*. Bol členom poradného zboru ČGÚ/SGÚ pre vedeckotechnické výpočty a využitie výpočtovej techniky v geológii. Pracuje ako expert Komisie pre klasifikáciu zásob nerastných surovín a Komisie pre klasifikáciu zásob podzemných vôd. Je členom Slovenskej geologickej spoločnosti, Slovenskej asociácie hydrogeológov a Medzinárodnej asociácie hydrogeológov (AIH).

O výsledkoch výskumov a metodických inováciách prednášal na medzinárodných kongresoch a sympóziách (Istanbul 1967, Praha 1968, Karlovy Vary 1972, Bratislava 1973, Montpellier 1974, Krakow 1985, 1988, Sosnowiec 1989, Opatija 1995). V roku 1977 viedol postgraduálny kurz metód hydrogeologického a hydrogeochemického výskumu na Chalmersovej Technickej univerzite v Göteborgu, na univerzite v Uppsale a prednášal aj vo Švédskom geologickom ústave v Stockholme-Täby.

Z rozsiahlej prednáškovej, posudkovej a konzultačnej činnosti treba pripomenúť napr. pravidelné metodické školenia pracovníkov Vodných zdrojov Praha,

prednášky pre pracovníkov IGHP Žilina a i. Od r. 1991 externe prednáša hydrogeológiu na Baníckej fakulte Technickej univerzity v Košiciach a prednáša aj na postgraduálnych kurzoch Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave. Podieľal sa na spracovaní skript pre Prírodovedeckú fakultu v Bratislave a pre Banícku fakultu Technickej univerzity v Košiciach a učebníc pre experimentálne vyučovanie aplikovanej geológie na gymnáziách v SR a ČR. Napokon treba spomenúť jeho veľmi rozsiahlu oponentnú činnosť, najmä pri posudzovaní výpočtov zásob podzemných vôd, kandidátskych a doktorských dizertačných prác a v posledných rokoch aj pri riešení otázok účinku vodného diela Gabčíkovo na podzemné vody Žitného ostrova a sanácií znečistenia podzemných vôd.

Všestranná odborná činnosť RNDr. Jána Jetela, CSc., bola ocenená vyznamenaniami – v r. 1977 Najlepší pracovník geologickej služby a v r. 1985 Zaslúžilý pracovník rezortu ČGÚ.

Celá geologická pospolitosť si váži aj jubilatove osobné vlastnosti – jeho priateľskosť, priamosť a čestnosť, ohromnú vitalitu, ochotu vždy poradiť a kritickosť nielen voči nedostatkom v práci iných, ale aj vo svojej práci. K významnému životnému jubileu mu z úprimného srdca blahoželáme. Do ďalších rokov mu prajeme popri pevnom zdraví a spoločenskej i pracovnej pohode veľa úspechov na neprebádaných poliach v prospech rozvoja hydrogeológie.

RNDr. Ondrej Franko, DrSc.

Zoznam publikovaných prác

- JETEL, J., 1961: Hydrogeologické pomery centrálni časti sokolovské pánve. Sbor. I. hydrogeol. konf., Ústf. Úst. geol. (Praha), 20–28.
- JETEL, J. a ŠANTRŮČEK, P., 1961: Termální vody v sokolovské pánvi. Geol. Průzk. (Praha), 3, 9, 271–275.
- JETEL, J., 1962: Zpráva o hydrogeologickém výzkumu sokolovské pánve. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1961 (Praha), 145–146.
- JETEL, J. a UNZEITIG, M., 1962: Podzemní vody. In: Z. ROTH et al.: Vysvětlivky k Přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000 M-33-XXIV Olomouc. Praha, Ústf. Úst. geol., 197–208.
- JETEL, J., 1963: Hydrogeologický přehled. In: HORNÝ R. et al.: Vysvětlivky k Přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000 M-33-XV Praha. Praha, Ústf. Úst. geol., 182–195.
- JETEL, J., 1963: Hydrogeologický přehled. In: L. KOPECKÝ et al.: Vysvětlivky k Přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000 M-33-IX Děčín. Praha, Ústf. Úst. geol., 154–160.
- JETEL, J., KOLÁŘOVÁ, M. a MYSLIL, V., 1963: Hydrogeologický přehled. In: ZOUBEK V. et al. Vysvětlivky k Přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000 M-33-XIII Karlovy Vary. Praha, Ústf. Úst. geol., 244–259.
- JETEL, J., 1963: Nové poznatky hydrogeologického výzkumu sokolovské pánve. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1962 (Praha), 177–179.
- JETEL, J. a KOLÁŘOVÁ, M., 1963: K metodice výzkumných geologických vrtů. Geol. Průzk. (Praha), 5, 2, 36–39.
- JETEL, J., 1963: Obrazcové znázornění chemismu podzemních vod v mapách. Geol. Průzk. (Praha), 5, 3, 87–89.
- JETEL, J., 1964: Vztah mezi teplotou a proplyněním minerálních vod v sokolovské pánvi. Věst. Ústf. Úst. geol. (Praha), 39, 3, 205–207.
- JETEL, J., 1964: Použití hodnot specifické vydatnosti a nových odvozených parametrů v hydrogeologii. Geol. Průzk. (Praha), 6, 5, 144–145.
- JETEL, J. a KOLÁŘOVÁ, M., 1964: Zpráva o hydrogeologickém výzkumu podloží české křídly. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1963. Ústf. Úst. geol. (Praha), 177–179.
- JETEL, J., 1964: Některé nové poznatky o hydrogeologii sokolovské pánve. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1963 (Praha), 215–217.
- JETEL, J., 1964: Hydrochemická zonálnost centrálni časti sokolovské pánve. Věst. Ústf. Úst. geol. (Praha), 39, 5, 381–383.
- JETEL, J., 1964: O určování filtračních parametrů obzorů při neustáleném proudění. Geol. Průzk. (Praha), 6, 10, 301–303.
- JETEL, J., 1964: Některé způsoby grafického znázornění chemismu podzemních vod. Hydrogeol. Ročenka 1964, Žilina, 165–184.
- JETEL, J. a KOLÁŘOVÁ, M., 1965: Nové poznatky o výskytu minerálních vod v podloží české křídly. Sbor. geol. Věd, Řada G (Praha), 9, 145–153.
- JETEL, J. a ADAMČIKOVÁ, A., 1965: Zpráva o výzkumu porovitosti permokarbonských sedimentů v podloží české křídly. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1964 (Praha), 239–242.

20. JETEL, J., 1965: Některé závěry hydrogeologického výzkumu sokolovské pánve. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1964 (Praha), 262–264.
21. JETEL, J., 1965: První poznatky o hydrogeologii podloží křídý na Mělnicku. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1964 (Praha), 242–243.
22. JETEL, J., 1965: Die Methoden der hydrogeologischen Testarbeiten in Strukturbohrungen. Wiss.-Techn. Informationsdienst, Zentr. Geol. Institut (Berlin), 6, 10, 54–60.
23. JETEL, J., 1965: Problémy čerpacích zkoušek na hlubokých vrtech. Sbor. předn. semin. o čerpacích zkouškách, IGHP, Brno.
24. JETEL, J., 1965: O použitelnosti některých statistických metod v hydrogeologii. Hydrogeol. Ročenka 1965, Praha – Žilina, 90–94.
25. JETEL, J., 1965: Použití soustav měrových jednotek v hydrogeologii. Hydrogeol. Ročenka 1965, Praha – Žilina, 121–128.
26. JETEL, J., 1965: Jednotné základní označení chemismu podzemních vod a stupeň jejich mineralizace. Hydrogeol. Ročenka 1965, Praha – Žilina, 133–135.
27. JETEL, J., 1965: Současný stav československé hydrogeologie. Geol. Průzk. (Praha), 7, 7, 198–200.
28. JETEL, J., 1966: Ochrana termálních vod z hlediska geotermické bilance. Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), 41, 3, 177–181.
29. JETEL, J. a KOLÁŘOVÁ, M., 1966: Metody získání hydrogeologických údajů z hlubokých vrtů. Geol. Průzk. (Praha), 8, 4, 120–122.
30. JETEL, J. a KOLÁŘOVÁ, M., 1966: Nové poznatky o hydrogeologii podloží české křídý. Čas. Mineral. Geol. (Praha), 11, 3, 277–294.
31. JETEL, J., 1966: Zpráva o hydrogeologickém výzkumu podloží české křídý mezi Mělníkem a Ještědem. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1965 (Praha), 209–210.
32. JETEL, J., 1966: Předběžná zpráva o výskytu uhlovíkovodíkovo-dusíkového hélionosného plynu na Mělnicku. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1965 (Praha), 211–212.
33. JETEL, J., 1966: Metody rychlého určení filtračních parametrů. IGHP, Žilina.
34. DUBA, D., MUCHA, I. a JETEL, J., 1967: Hydraulika podzemních vod hlubokých geologických struktur. Vysokošk. učebn. texty, Univ. Komen., Slov. pedagog. nakl., Bratislava, 120 s.
35. JETEL, J., 1967: Zásady interpretace výsledků stoupacích zkoušek v hydrogeologické praxi. Geol. Průzk. (Praha), 9, 12, 410–414.
36. JETEL, J., 1968: A new comparative regional parameter of permeability for hydrogeologic maps. Mém. Assoc. Int. Hydrogéol., 8, Congr. Istanbul 1967, Istanbul, 101–107.
37. JETEL, J., 1968: Probability interpretation of hydrogeochemical coefficients in solving the genesis of mineral waters. Rep. XXIIIrd Sess. Int. Geol. Congr. Czechoslovakia 1968, 17, Proc. Sympos. II. Genesis of Mineral and Thermal Waters, Praha, 21–32.
38. JETEL, J. a PAČES, T., 1968: The genetic problems of the Na–SO₄–HCO₃–Cl mineralization in the thermal waters of Karlovy Vary and in other waters of similar type. Rep. XXIIIrd Sess. Int. Geol. Congr. Czechoslovakia 1968, Abstracts, Praha, 379.
39. JETEL, J., 1968: The deepseated groundwaters of the Bohemian Cretaceous-Permocarboniferous Basin. Gen. Assembly of the Int. Assoc. of Hydrogeol., at the 23rd Sess. of the Int. Geol. Congr., Praha, 90–99.
40. JETEL, J. a KRÁSNÝ, J., 1968: Approximative aquifer characteristics in regional hydrogeological study. Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), 43, 6, 459–461.
41. ČERMÁK, V., JETEL, J. a KRČMÁŘ, B., 1968: Terrestrial heat-flow in the Bohemian Massif and its relation to the deep structure. Sbor. geol. Věd, Řada UG (Praha), 7, 25–41.
42. JETEL, J., 1968: Zpráva o hydrogeologickém mapování na listu Sokolov. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1966 (Praha), 215–218.
43. JETEL, J., 1968: Předběžná zpráva o ložiskové hydrogeologickém výzkumu mezi Mělníkem a Benátkami nad Jizerou. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1966 (Praha), 219–221.
44. JETEL, J., 1969: Hlavní zákonitosti výskytu minerálních vod Evropy a Asie. Sbor. semin. "Hydrogeologie na XXIII. Mezinár. geol. kongr. v Praze 1968", Č. věd.-techn. spol., Brno, 27–38.
45. JETEL, J., 1969: Předběžná zpráva o hydrogeologickém výzkumu karbonu mezi Lovosicemi a Mělníkem. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1967 (Praha), 113–115.
46. JETEL, J., 1969: Některé poznatky ložiskové hydrogeologického výzkumu mezi Mělníkem a Benátkami nad Jizerou. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1967 (Praha), 115–116.
47. JETEL, J., 1969: Zpráva o výzkumu hloubkových změn kolektorských vlastností permokarbonických sedimentů Českého masívu. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1967 (Praha), 120–122.
48. JETEL, J., 1969: Hlavní výsledky symposia o genezi minerálních a termálních vod při XXIII. MGK. Hydrogeol. Ročenka 1968, Praha – Žilina, 57–70.
49. JETEL, J. a JETELOVÁ, J., 1969: Srovnání potenciální produktivity vrtů při regionálním hydrogeologickém průzkumu. Geol. Průzk. (Praha), 11, 7, 199–201.
50. JETEL, J. a PAČES, T., 1969: O původu mineralizácie termálních vod v Karlových Varech. Zbor. prác II. medzinár. balneotech. sympózia, Piešťany, 93–108.
51. JETEL, J. a KOLÁŘOVÁ, M., 1969: Minerální vody české křídové pánve a jejího podloží (abstrakt). Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), 44, 3, 160–161.
52. JETEL, J., 1969: Nové poznatky o závislosti propustnosti a pórovitosti permokarbonických sedimentů v podloží české křídý na hloubce uložení. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1968 (Praha), 96–98.
53. JETEL, J., 1969: Hydrogeologické výsledky hlubokých strukturálních vrtů Bechlín a Brňany na Roudnicku. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1968 (Praha), 148–150.
54. JETEL, J. a KRČMÁŘ, B., 1969: Zpráva o výzkumu vztahů zemského tepelného toku a hlubinné stavby v ČSSR. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1968 (Praha), 275–277.
55. JETEL, J. a KOLÁŘOVÁ, M., 1969: Minerální vody české křídové pánve a jejího podloží. Geol. Průzk. (Praha), 11, 11, 324–326.
56. JETEL, J. a PAČES, T., 1969: Sur l'origine de la minéralisation des eaux thermominérales de Karlovy Vary. Recueil des confér. du IIe symp. intern. balnéotechn., Piešťany, 440–455.
57. JETEL, J., 1970: Hydrogeologie permokarbonu a křídý na opěrném profilu Mělník – Ještěd. Sbor. geol. Věd, Řada HIG, (Praha), 7, 7–42.
58. JETEL, J., 1970: Scheme of hydrogeochemical zoning in the Bohemian Cretaceous and Permocarboniferous. Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), 45, 3, 138–186.
59. JETEL, J., 1970: Konceptija hydrogeoloških karata i kvantitativna hidrogeološka karakteristika terena. Sadržaji referata, VII. kongres geologa SFRJ, Zagreb, 161–163.

60. JETEL, J., 1970: Mapy filtračních parametrů a potenciální produktivity. Sbor. ref. V. hydrogeol. konf., Č. věd.-techn. vodohosp. spol., Gottwaldov, 69–83.
61. JETEL, J. a KULLMAN, E., 1970: Koncepcia základnej hydrogeologickej mapy ČSSR 1 : 200 000. Sbor. ref. V. hydrogeol. konf., Č. věd.-techn. vodohosp. spol., Gottwaldov, 106–111.
62. JETEL, J. a KNĚŽEK, M., 1971: Komplexní hodnocení regionálních hydrogeologických poměrů. Geol. Průzk. (Praha), 13, 11, 321–325.
63. JETEL, J. a KNĚŽEK, M., 1971: Regionální hodnocení hydrogeologických poměrů při oceňování využitelného množství podzemních vod. Hydrogeol. Ročenka 1969–1970, Praha, 59–73.
64. JETEL, J., 1971: Některé základní hydrogeologické termíny. Hydrogeol. Ročenka 1969–1970, Praha, 87–91.
65. JETEL, J., 1971: Systémy klasifikace chemismu podzemních vod na základě iontových kombinací. Hydrogeol. Ročenka 1969–1970, Praha, 105–121.
66. JETEL, J., 1971: Nové grafické způsoby znázornění chemismu podzemních vod. Hydrogeol. Ročenka 1969–1970, Praha, 127–134.
67. JETEL, J., 1971: Zkrácené číselné kódování chemismu podzemních vod. Hydrogeol. Ročenka 1969–1970, Praha, 135–140.
68. JETEL, J., 1972: Hydrogeology of the Sokolov Basin (function of rocks, hydrogeochemistry, mineral waters). Sbor. geol. Věd, Řada HIG (Praha), 9, 7–146.
69. FRANKO, O. a JETEL, J., 1972: Minerálne vody v ČSSR. Geol. Průzk. (Praha), 14, 1, 23–25.
70. JETEL, J., 1973: Logický systém pojmů – základní podmínka formalizace a matematizace v hydrogeologii. Geol. Průzk. (Praha), 15, 1, 13–17.
71. JETEL, J., 1974: Caractéristiques quantitatives sur les cartes hydrogéologiques en plaines et en régions montagneuses. Proc. of the 10th Congr., Carpathian-Balkan Geol. Ass., 1973, Sect. V., Hydrogeol., Engineering Geol., Bratislava, 55–62.
72. JETEL, J., 1974: Complement régional de l'information sur les paramètres pétrophysiques en vue de l'élaboration des modèles des systèmes aquifères. Mém. Ass. Int. Hydrogéol., 10, Congr. de Montpellier 1974, 1, Paris, 199–203.
73. JETEL, J., 1974: Hydrogeologický význam jednotlivých kategorií efektivní pórovitosti. Geol. Průzk. (Praha), 16, 9, 270–274.
74. JETEL, J. a BUJALKA, P., 1974: Súčasný problémy a perspektívy oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody. Miner. slov. (Košice), 6, 3, 279–284.
75. JETEL, J., 1974: Voda. In B. MOLDAN et al.: Geologie a životní prostředí. Knih. Ústř. Úst. geol. (Praha), 47, 77–96.
76. JETEL, J., 1974: Hydrogeologie podloží české křídové pánve. In: M. MALKOVSKÝ, et al.: Geologie české křídové pánve a jejího podloží. Praha, Ústř. Úst. geol., 156–190.
77. JETEL, J., 1974: La protection hydraulique et géothermique des eaux minérales. Int. Symp. on Protection of Mineral Waters 1972, Karlovy Vary, 71–76.
78. JETEL, J., 1974: La protection des eaux minérales contre les effets nocifs de l'exploitation. Int. Symp. on Protection of Mineral Waters 1972, Karlovy Vary, 177–179.
79. JETEL, J., 1974: Kvantitativní a kvalitativní charakteristika zastoupení iontových kombinací v grafech chemismu podzemních vod. Hydrogeol. Ročenka 1971, Praha, 161–171.
80. JETEL, J., 1975: Perspektivy využití zdrojů geotermální energie v ČSR. Geol. Průzk. (Praha), 17, 1, 4–7.
81. JETEL, J., 1975: Klasifikácia chemizmu podzemných vôd. Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 62, 9–18.
82. JETEL, J., GAZDA, S. a CHROBOK, J., 1975: Použitie štatistických metód pri hydrogeochemickom štúdiu. Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 62, 145–160.
83. JETEL, J., 1975: Application of information entropy in hydrogeochemistry and in hydrogeochemical maps. Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), 50, 1, 33–36.
84. JETEL, J., 1976: Vertical zonality index; the relation between hydrodynamic and hydrogeochemical conditions. Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), 51, 1, 47–50.
85. JETEL, J., 1977: Centrifugální metoda stanovení dynamické a výtokové efektivní pórovitosti. Sb. Porozimetrie a její použití. IV., ČVTS – spol. silikátová, Praha, 97–109.
86. JETEL, J., 1977: Le Massif de Bohème et la région du Barandien. Les bassins crétacés et tertiaires de Bohème. In STRUCKMEIER W. et al.: Notice explicative de la Carte Hydrogéologique Internationale de l'Europe à l'échelle 1 : 1 500 000. Feuille C4 Berlin. Paris–Hannover, UNESCO, 25–27, 54–57.
87. JETEL, J., 1978: Skutečná rychlost pohybu podzemní vody, její stanovení a vztah k efektivní pórovitosti. Geol. Průzk. (Praha), 20, 10, 297–301.
88. JETEL, J. a RYBÁŘOVÁ, L., 1978: Asociačná analýza vzťahu medzi chemizmom vôd prameňov v karpatskom flyši a morfológickou pozíciou. Miner. slov. (Bratislava), 10, 3, 247–253.
89. JETEL, J. a PAČES, T., 1978: Zavedení molárních koncentrací jako základních koncentračních jednotek v hydrogeochemii. Sb. Jednotky SI a názvosloví v chemii a analytice vody, Č. věd.-techn. spol. vodohosp., Pardubice–Poprad, 45–56.
90. JETEL, J., 1978: Interpretace výsledků stoupacích zkoušek. Semin. "Provádění, interpretace a využívání výsledků hydrodynamických zkoušek v resortu ČGÚ", Čes. geol. úřad, Praha, 121–136.
91. JETEL, J., 1978: Hydrogeologická terminologie (1). Hydrogeol. Ročenka 1977, Praha, 164–191.
92. JETEL, J. a RYBÁŘOVÁ, L., 1979: Minerální vody Východočeského kraje. Praha, Ústř. Úst. geol., 228 s.
93. JETEL, J. a PAČES, T., 1979: A simple chemical classification of natural waters based on molar concentrations. Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), 54, 4, 233–235.
94. JETEL, J., 1979: Odhad koeficientů filtrácie a prietoknosti z porovnávacích indexov Z a Y. Hydrogeol. Ročenka 1978, Praha, 97–108.
95. JETEL, J. a PAČES, T., 1979: Základní chemické třídění přírodních vod podle molárních koncentrací rozpuštěných látek. Hydrogeol. Ročenka 1978, Praha, 111–114.
96. JETEL, J., 1979: Hydrogeologická terminologie (2). Hydrogeol. Ročenka 1978, Praha, 120–151.
97. JETEL, J., 1979: Hydrogeologie. In: TÁSLER, R. et al.: Geologie české části vnitrosudetské pánve. Praha, Ústř. Úst. geol., 209–217.
98. JETEL, J., 1979: Současný vývoj terminologie v hydrogeochemii. Sbor. abstrakt z III. hydrogeochem. semin. ČSMG, Mariánské Lázně, srpen 1979. Geotest, Brno, 45–46.
99. JETEL, J., 1980: Všeobecné zákonitosti pohybu podzemních vod a hydrodynamická zonálnost. Hlavní rysy hydrogeochemické zonálnosti. Hydraulické vlastnosti permokarbonu. Chemismus podzemních vod permokarbonu v podloží křídý. In: HAZDROVÁ, M. et al.: Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000 list 02 Ústí nad Labem. Praha, Ústř. Úst. geol., 49–52, 58–59, 67–68, 71–74, 91–93, 100–101.

100. JETEL, J., 1980: Ke vzťahu medzi veľkosťou prírodných zdrojů a využitelným množstvom podzemných vod. Metody výpočtů zásob podzemní vody. Čs. věd.-techn. spol. Agroplan, Brno, 70–74.
101. JETEL, J., 1980: K výpočtům hydraulických parametrů při regionálním hydrogeologickém průzkumu. Sbor. Metody výpočtů zásob podzemní vody. Čs. věd.-techn. spol. Agroplan, Brno, 115–142.
102. JETEL, J., 1980: Zásady plošného hodnocení propustnosti a průtočnosti při regionálním průzkumu. Sbor. Metody výpočtů zásob podzemní vody. Čs. věd.-techn. spol. Agroplan, Brno, 175–179.
103. JETEL, J., 1980: Hydrogeologická terminologie (3). Hydrogeol. Ročenka 1979, Žilina, 184–233.
104. ČERMÁK, V., HALADA, S., JETEL, J., KOPECKÝ, L. a PAČES, T., 1981: Geotermální zdroje v ČSR. Geol. Průzk. (Praha), 23, 1, 12–15.
105. JETEL, J., 1981: Perspektivy metod výskumu puklinových kolektorů Západných Karpát. Zbor. ref. IV. slov. geol. konf., Sekcia 08 Hydrogeol., geoterm. energia. Slov. geol. úrad., Bratislava, 47–56.
106. JETEL, J., 1982: Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech. Knih. Ústř. Úst. geol. (Praha), 58, 248 s.
107. JETEL, J., 1982: Hydrogeologie měnské pánve a černouhelných ložisek mezi Mělníkem a Benátkami nad Jizerou. Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. inž. Geol. (Praha), 16, 33–89.
108. JETEL, J., 1982: Základy hydrogeologie. In: PETRÁNEK, J. et al.: Základy aplikované geologie. Experimentální učební text. SNTL, Praha, 163–199.
109. JETEL, J. a RYBÁŘOVÁ, L., 1983: Hydrogeologie a hydrogeochemie. In: MENCÍK, E. et al.: Geologie Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny. Praha, Ústř. Úst. geol., 200–229.
110. JETEL, J., 1983: Hesla z oboru hydrogeologie. In: SVOBODA, J. et al.: Encyklopedický slovník geologických věd, 1, 2. Praha, Academia.
111. JETEL, J., 1983: Chyby vstupních údajů v hydrogeologických výpočtech. In: Hornická Příbram ve vědě a technice (1983), Sekce Matematické metody v geologii, Příbram, 588–597.
112. KRAJČA, J., BANDL, Z., JANEČEK, M., JETEL, J., KREDBA, M., MOLDAN, B., NESMÉRÁK, I., PRAX, A., 1983: Vzorkování přírodních vod. Praha, SNTL, 212 s.
113. JETEL, J., 1984: Špecifika určování hydraulických parametrů puklinových kolektorů hydrodynamickými zkouškami. In: Puklinové a puklinovo-krasové vody a problémy ich ochrany (Zbor. ref. VIII. celoštát. hydrogeol. konf.). Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 67–73.
114. JETEL, J. a ŠILAR, J., 1984: Názvosloví hydrogeologie. ČSN 73 6532. Vyd. Úřadu pro norm. a měření, Praha, 36 s.
115. JETEL, J., 1985: Metody regionálního hodnocení hydraulických vlastností hornin. Metod. Příruč. Ústř. Úst. geol. (Praha), 1, 147 s.
116. JETEL, J., 1985: Využití vztahu mezi specifickou vydatností a koeficientem průtočnosti při hydrogeologických výpočtech. Geol. Průzk. (Praha), 27, 2, 42–45.
117. JETEL, J., 1985: Vertical variations in permeability of flysch rocks in the Czechoslovak Carpathians. Kwart. geol. (Warszawa), 29, 1, 167–178.
118. JETEL, J., 1985: Hydrodynamic conditions controlling the chemistry of spring waters in the non-carbonate rocks of the Czechoslovak Carpathians. Proc. Reports of the 13th Congr. Carpathian-Balkan Ass. (KBGA), Pt. II, Kraków, 438–440.
119. ČERMÁK, V. a JETEL, J., 1985: Heat flow and ground water movement in the Bohemian Cretaceous Basin (Czechoslovakia). J. Geodynamics (Amsterdam), 4, 285–303.
120. JETEL, J. a KRÁSNÝ, J. et al., 1986: Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000 list 03 Liberec – list 04 Náchod (část). Praha, Ústř. Úst. geol., 157 s.
121. JETEL, J., 1986: Poznatky z ověřování metodiky hydrodynamických zkoušek v puklinových kolektorech. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1984 (Praha), 89–90.
122. JETEL, J. a RYBÁŘOVÁ, L., 1986: Hydrogeologické poznatky ze strukturálního vrtu Dolní Bousov DB-1. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1984 (Praha), 91–92.
123. JETEL, J. a RYBÁŘOVÁ, L., 1986: Využití údajů vodních tlakových zkoušek a jiných hydrogeotechnických metod při regionálním studiu propustnosti rozpukaného prostředí. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1984 (Praha), 92–93.
124. JETEL, J., 1987: Effective rates of groundwater mineralization in the Bohemian Massif and the Carpathians. Extended Abstracts, GEOMON (Int. Workshop on Geochemistry and Monitoring in Representative Basins), Geological Survey, Prague, 160–162.
125. KOLAGO, C., JETEL, J., MEDVEDEVA, M.G., SHESTOPALOV, V.M. a VENOSHINSKIS, V. Ju., 1987: Explanatory notes for the International Hydrogeological Map of Europe, scale 1 : 1 500 000. Sheet D 4 Warszawa. Paris, UNESCO – Hannover, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 94 s.
126. JETEL, J., 1987: Relativna informačná entropia v hydrogeochemii a hydrogeochemických mapách. In: Hornická Příbram ve vědě a technice (1987), Sb. sekce Matematické metody v geologii, M1, Příbram, 354–356.
127. JETEL, J. et al., 1988: Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000, list 25 Gottwaldov. Praha, Ústř. Úst. geol., 216 s.
128. JETEL, J., 1988: Hydrogeologická a hydrogeochemická charakteristika hlubších částí podkrkonošské pánve. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1985 (Praha), 74–76.
129. JETEL, J., 1988: Některé hydrogeologické poznatky výzkumu limnického permokarbonu Českého masívu. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1985 (Praha), 76–78.
130. JETEL, J., 1988: Závěry výzkumu metod studia hydraulických vlastností puklinových kolektorů. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1985 (Praha), 78–80.
131. JETEL, J. a RYBÁŘOVÁ, L., 1988: Nové poznatky o hydrogeologii permokarbonu roudnické a mnichovohradištské pánve. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1985 (Praha), 80–82.
132. JETEL, J. a RYBÁŘOVÁ, L., 1988: Výsledky výzkumu vztahů hydrogeochemických a hydrodynamických charakteristik v rozpukaných horninách. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1985 (Praha), 83–85.
133. JETEL, J., 1988: Regionálne hodnotenie hydraulických parametrov hornín pre výpočty využiteľného množstva a prírodných zdrojov podzemnej vody. Sbor. 9. celoštát. hydrogeol. konf., ČVTS, Pardubice, 55–64.
134. POPRAWA, D., CHOWANIEC, J., HANZEL, V. a JETEL, J., 1988: Hydrogeofactors map of the Western Outer Carpathians and their foreland with part of the Inner Carpathians. Scale 1 : 500 000. Warszawa, Państwowy Instytut Geologiczny.
135. KULLMAN, E., JETEL, J., PORUBSKÝ, A., ŠKVARKA, L., 1988: Základná hydrogeologická mapa v mierke 1 : 200 000, list 35 Trnava. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.

136. ZAKOVIČ, M., HANZEL, V., KULLMAN, E., JETEL, J. a RYBÁŘOVÁ, L., 1988: Základná hydrogeologická mapa v mierke 1 : 200 000, list 26 Žilina. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
137. MÓZA, A. a JETEL, J., 1988: Mapa chemizmu podzemných vôd ČSSR v mierke 1 : 200 000, list 26 Žilina. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
138. JETEL, J., 1989: Hydraulické parametre hornín paleogénu v západnej časti Hornádskej kotliny. Region. Geol. Západ. Karpát (Bratislava), 25 Geol. Úst. D. Štúra, 259–268.
139. JETEL, J. a KULLMAN, E., 1989: Nepriame určenie priemernej prietochnosti z podzemného odtoku a výdatnosti prameňov. Region. Geol. Západ. Karpát (Bratislava), 25, Geol. Úst. D. Štúra, 249–257.
140. JETEL, J. a KAROLI, S., 1989: Hydrogeologická charakteristika neogénnych a kvartérnych kolektorov v severovýchodnom okolí Košíc. Region. Geol. Západ. Karpát (Bratislava), 25, Geol. Úst. D. Štúra, 281–286.
141. JETEL, J., 1989: Relationship between hydrogeochemical characteristics of near-surface zone of rock massif and hydrodynamic conditions. Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. Geol. (Bratislava), 8, 67–104.
142. CHOWANIEC, J., HANZEL, V., JETEL, J., POPRAWA, D., 1989: Hydrogeofactors map. In: D. POPRAWA, J. NEMČOK (ed.): Geological Atlas of the Western Carpathians and their foreland. Textual part. Warszawa, Państwowy Instytut Geologiczny, 6–7.
143. JETEL, J., 1989: Hydrogeologie. In: CHALOUPSKÝ, J. et al.: Geologie Krkonoše a Jizerských hor. Praha, Ústř. Úst. geol., 188–192.
144. JETEL, J., 1989: Hydrogeologická charakteristika území listu 25-322 Vsetín. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1986 (Praha), 64–66.
145. JETEL, J., 1989: Zkušenosti ze sestavení prvních listů hydrogeologické mapy ČR v měřítku 1 : 50 000 v Západních Karpatech. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1986 (Praha), 66–68.
146. JETEL, J. a RYBÁŘOVÁ, L., 1989: Chemismus vod pramenů v magurském flyši Západních Beskyd, Moravsko-slovenských Karpat a Chřibů. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1986 (Praha), 68–70.
147. JETEL, J. a RYBÁŘOVÁ, L., 1989: Poznátky o hydraulických vlastnostech hornin magurského flyše Západních Beskyd a Moravsko-slovenských Karpat. Zpr. geol. Výzk. v Roce 1986 (Praha), 71–72.
148. JETEL, J., 1989: Niektoré zákonitosti priestorového a štatistického rozdelenia hydraulických parametrov hornín paleogénu Západných Karpát. Zb. konf. Teoretické a praktické poznatky výskumu, prieskumu a exploatacie nerastných surovín Západných Karpát. Baníc. fak. VŠT, Košice, 60–61.
149. JETEL, J., 1989: Metody badań parametrów filtracji wodonośców szczelinowych i szczelinowo-krasowych. In: Wody szczelinowo-krasowe i problemy ich ochrony. Konfer. naukowa, Karniowice 1989. Warszawa, Wydawnictwo SGGW – Akademia Rolnicza, 9–13.
150. JETEL, J., 1989: Poznátky výskumu hydraulických vlastností hornín paleogénu Západných Karpát. Semin. "Procesy vzniku, ochrana a využiteľnosť zdrojov pitnej vody", Stará Lesná, november 1989. Úst. hydrol. a hydraul. Slov. akad. vied, Bratislava, 192–197.
151. JETEL, J., 1990: Praktické dôsledky priestorovej neuniformity prietochnosti pripovrchovej zóny v hydrogeologickom masíve. Geol. Průzk. (Praha), 32, 2, 42–46.
152. JETEL, J. a ZAKOVIČ, M., 1990: Vonkajšie flyšové pásmo. Hydraulické vlastnosti hornín flyšového pásma. In: ZAKOVIČ M., et al.: Vysvetlivky k základnej hydrogeologickej mape ČSSR 1 : 200 000, list 26 Žilina. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 44–45, 52–53, 70–72.
153. ŠMEJKAL, V. a JETEL, J., 1990: Isotopic and geochemical indications of a drainless sulphate lake in the Permo-Carboniferous of the Krkonoše-piedmont Basin. Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), 65, 5, 339–352.
154. BALCO, M., JETEL, J. a MELIORIS, L., 1990: Aktuálne problémy využiteľnosti zdrojov podzemných vôd. – V. Celoslov. geol. konf. (Abstrakty referátov). Slov. geol. úrad, Bratislava, 123–127.
155. HANZEL, V., JETEL, J. a VRANA, K., 1990: Hydrogeological and hydrogeochemical mapping in the West Carpathians (Slovakia). Int. Workshop on Hydrogeol. Maps as Tools for Water Management and the Protection of the Environment, BGR, Hannover.
156. JETEL, J., 1991: Faktory priestorového rozdelenia prietochnosti a prietochnosti v horninách karpatského flyšu. Vodohosp. Čas. (Bratislava), 39, 3–4, 260–268.
157. JETEL, J. a RYBÁŘOVÁ, L., 1991: Hydrogeologie cenomanu labské oblasti české křídové pánve. Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. inž. Geol. (Praha), 19, 9–63.
158. JETEL, J., 1991: Základy hydrogeologie. In: J. PETRÁNEK et al.: Aplikovaná geologie pre 4. ročník gymnázií. Bratislava, Alfa, 120–143.
159. JETEL, J., 1991: RNDr. Ondrej Franko, CSc., šesťdesiatročný. Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 93, 27–39.
160. JETEL, J., 1991: Hydrogeologie. In: Učebné texty z inžinierskej geologie, hydrogeologie a sanácie (Rekvalifikačný kurz). Edičné stredisko Technickej univerzity, Košice, 125–164.
161. JETEL, J., 1991: Súčasný pohľad na metodiku zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 a možnosti jej zdokonalenia. In: Zbor. ref. semin. Regionálne hydrogeologické mapy v mierke 1 : 50 000, Tatranská Štrba 1991, Slovenská asociácia hydrogeológov, Bratislava, 65–76.
162. JETEL, J., 1992: Nové poznatky hydrogeologického výskumu na východnom Slovensku a v karpatskom flyši. In: Geologický výskum východného Slovenska, Výsledky a perspektívy, Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 91–113.
163. JETEL, J., 1992: Chyby a nepresnosti vstupných údajov v hydrogeologických výpočtoch a modeloch. Geol. Průzk. (Praha), 34, 2, 40–43.
164. JETEL, J., 1992: Niekoľko poznámok k metodike oceňovania využiteľného množstva podzemných vôd. In: Sbor. semin. o zásobách podzemných vôd, Vys. škola báňská, Ostrava, 45–48.
165. JETEL, J., 1992: Arnutovce. In: Využitie geotermálnej energie. Konf. Herľany 92. Francúzsky dom pre východné Slovensko – Banická fak. Techn. univ., Košice, 14–15.
166. JETEL, J., 1992: Podzemné vody ako ukazovateľ stavu životného prostredia. In: Nerastné suroviny a životné prostredie, Zbor. predn., Geofond – GECAS, Košice, 157–161.
167. JETEL, J., 1993: Priepustnosť a prietochnosť neovulkanitov v južnej časti Slanských vrchov. Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 98, 37–44.
168. JETEL, J., 1993: Poznátky o hydrogeológii a hydrogeochémii Hornádskej kotliny. Miner. slov. (Bratislava), 25, 6, Geovestník, 14–15.

169. JETEL, J., 1994: Priepustnosť a prietoknosť pripovrchovej zóny západného úseku flyšového pásma Západných Karpát. Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. Geol. geoterm. Energia (Bratislava), 12, 7–62
170. JETEL, J., 1995: Nové pohľady na hydrogeológiu karpatského flyšu a centrálnokarpatského paleogénu. III. geol. dni Jána Slávika (Zbor. ref. z konf.). Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 137–139.
171. JETEL, J., 1995: Acquisition of data for regional assessment of permeability and transmissivity. I. Hrvat. geol. kongr., Opatija 1995, Zborník radova (Proc.), Zagreb, 1, 251–254.
172. JETEL, J., 1995: Utilizing data on specific capacities of wells and waterinjection rates in regional assessment of permeability and transmissivity. Slovak Geol. Magazine (Bratislava), 1, 7–18.

DUŠAN BODIŠ – KAMIL LOPAŠOVSKÝ

Možnosti využitia minerálneho obsahu prírodných vôd na Slovensku

1 tab., 1 obr., angl. resumé

Kľúčové slová: prírodné vody, hydrogeochemia, ťažba prvkov, kritériá, prvky

Abstract. The following set of elements potentially extractable from natural (surface and ground) waters can be selected on the basis of available hydrogeochemical information: lithium, strontium, iodine, bromine, boron and copper. This paper informs which general conditions and criteria should be considered in order to assess the exploitability of these elements from natural waters. It must be noted that the authors faced a dearth of hydrogeologic and hydrogeochemical information on some of the elements. It is likely that eventual extraction of the elements from natural waters of the Western Carpathians would, at present, only be possible on local terms.

Úvod

Cieľom príspevku je štúdium chemického zloženia prírodných vôd z hľadiska potenciálnych možností získania určitých prvkov, resp. solí. Zámerom je na jednej strane prispieť k riešeniu niektorých problémov (hlavne geochemických) pri využití minerálneho obsahu prírodných vôd a na druhej strane dať námet na potenciálnu aplikáciu, poprípade realizáciu ťažby prvkov, resp. solí vo vytypovaných objektoch, resp. oblastiach. Prípadná realizácia by mala aj environmentálny význam. Vysoký obsah prvkov v prírodných vodách, ktoré sú prirodzenou alebo ľudskou činnosťou vyvádzané do povrchových tokov, je zdrojom znečistenia pre tieto recipienty a predstavuje tzv. rizikové oblasti.

Možnosti využívania minerálneho obsahu prírodných vôd

Podklady pre podstatnú časť aktuálnych rešerší boli získané formou služby on-line v databázovom centre DIALOG Information Retrieval Services, California. Využili sa nasledujúce rešeršné bázy dát:

- Chemical Abstracts – chémia a jej aplikácia,
- Geobase – geografia, geológia, ekológia,
- Georef – geológia, geofyzika,
- Water Resources Abstracts – všetky aspekty vody.

História využívania podzemných vôd na získavanie zlúčenín a prvkov sa začala prakticky "varením soli" v 15.–16. storočí. Význam prírodných vôd ako zdroja nerastných surovín postupne narastal; napr. pred cca 20

rokmi 97 % perspektívnych zásob lítia pripadalo na granitové pegmatity a zhruba o 10 rokov neskôr už 55 % svetových zásob tohto prvku je sústredených v prírodných vodách. V USA až 85 % lítia sa získava z prírodných vôd. Podľa KRAJNOVA a ŠVECA (1980) v prírodných vodách je sústredených 40 % svetových zásob rubídia a 35 % zásob cézia.

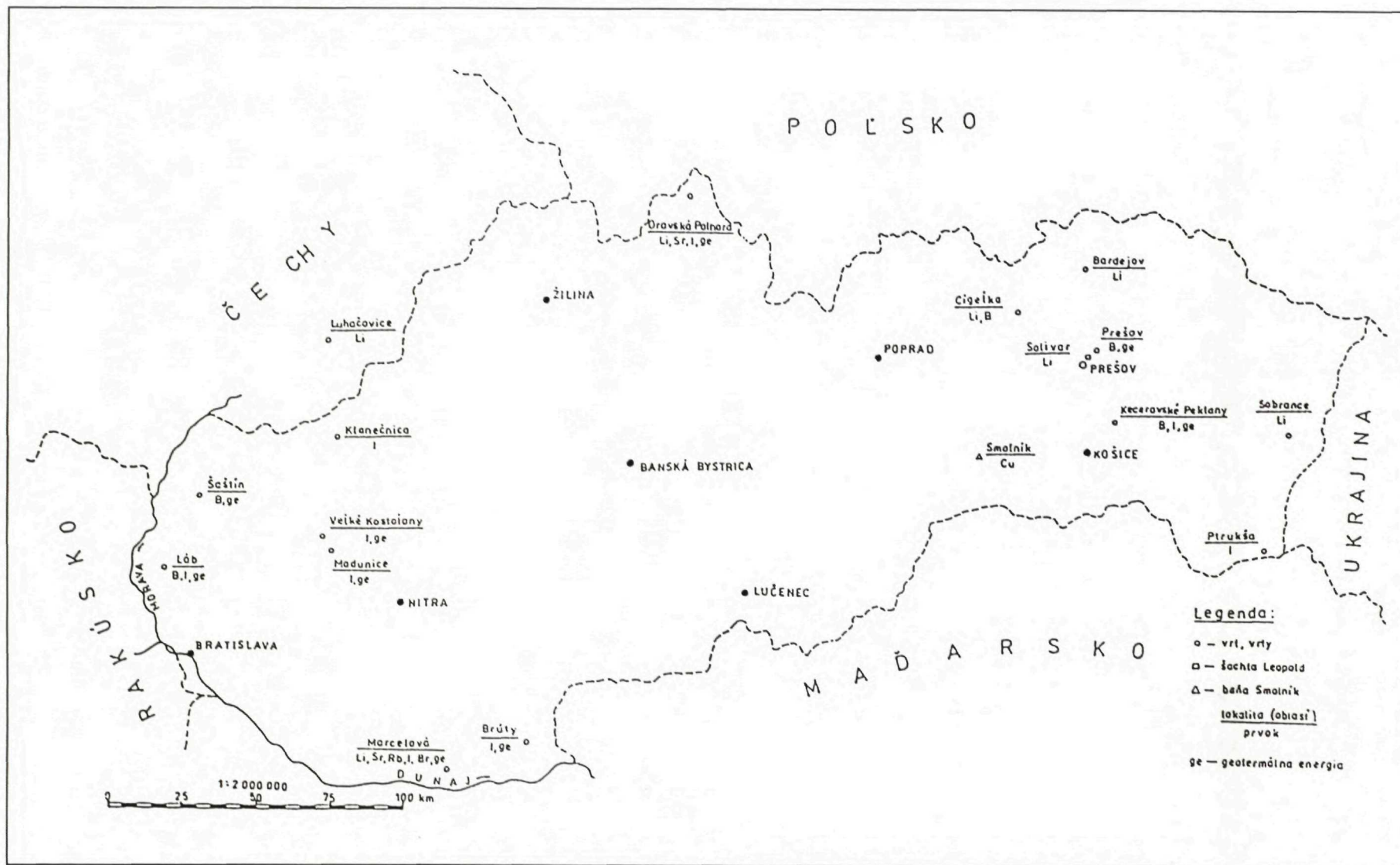
Stručne možno uviesť príklady ťažby niektorých prvkov na priemyselnej úrovni. Napríklad v USA sú základným zdrojom ťažby lítia "podzemné soľanky" tzv. suchých jazier. Rôsoly jazera Silver-Peak majú hodnotu celkovej mineralizácie 180 g/l, sú natriovo-chloridového typu s obsahom Li okolo 400 mg/kg, pričom zásoby Li₂O predstavujú 7,4 mil. ton. Zo soľaniek sa získava 6–8 tis. t/rok Li₂CO₃ a celý rad ďalších komponentov.

Soľanky Veľkého Slaného jazera majú hodnotu celkovej mineralizácie okolo 310 g/l, sú natriovo-chloridového typu s podstatným zastúpením horečnato-síranovej zložky. Soľanky obsahujú tieto hlavné komponenty: Li 42–66 mg/l, K 4,55–6,5 g/l, pričom zásoby LiCl sú asi 4 mil. ton. Zo soľaniek sa získava síran draselný, síran sodný, chlorid horečnatý, chlorid sodný a chlorid lítový. Odhadnutá ťažba LiCl je asi 4 500 t/rok.

Podľa údajov z roku 1971 (KRAJNOV a ŠVEC, 1980) v bývalom SNŠ sa na priemyselnej úrovni ťažil iba bróm a jód. Asi 70 % produkcie brómu sa získavalo z prírodných vôd a 30 % sa získavalo z jazier morského a kontinentálneho pôvodu a odpadových vôd z produkcie draslíka. Okolo 29 % produkcie jódu pochádzalo z odpadových vôd ropného priemyslu a väčšina (71 %) zo špeciálne ťažených prírodných vôd.

V Taliansku sú základným zdrojom produkcie bóru geotermálne vody s prevažujúcim parovým systémom v oblasti Larderello (obsah kyseliny boritej sa pohybuje okolo 0,3 g/kg v pare a okolo 100–20 000 mg/l v kondenzáte).

Tieto systémy sú však zamerané hlavne na získavanie geotermálnej energie, popri ktorej sa ťaží kyselina boritá, amónne a karbonátové produkty. Ročná produkcia kyseliny boritej v uvedenom geotermálnom poli je cca 4 400 t. V Izraeli sa zo soľaniek Mŕtveho mora (hodnoty celkovej mineralizácie 300–320 g/l) natriovo-(horečnato)-chloridového typu, ktoré obsahujú 18 mg/l lítia a 60 mg/l rubídia, získava chlorid draselný, pro-



Obr. 1 Schematická mapa potenciálnych zdrojov získavania prvkov z prírodných vôd

dukty brómu a chlorid lítny, ktorého zásoby predstavujú asi 17,5 mil. ton.

V Japonsku z geotermálnych zdrojov s prevládajúcim parovým systémom získavajú kyselinu boritú a prvky alkalických zemín.

V mnohých krajinách sa z prírodných vôd získava urán, hlavne z morských vôd a vôd karbonátových jazier. Podobne v mnohých štátoch získavajú v nemalých množstvách meď a jej chemicky podobné rudné prvky z banských vôd (bývalé SNŠ, Japonsko, bývalá Juhoslávia) a tiež z kyslých geotermálnych vôd (Japonsko). Ťažba prvkov z geotermálnych vôd je sústredená na zdroje s prevládajúcou parou, ktoré sú geneticky viazané na aktívne vulkanické zóny.

Na základe rešeršných údajov môžeme zhrnúť, že z prírodných vôd sa získavajú tieto prvky: Li, Na, K, Cu, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ra, U, B, Ge, P, As, S, W, Cl, Br a I.

Z obsahu prvkov v horninách zemskej kôry, v oceánskej vode (priemerné zloženie oceánskej vody) a z maximálneho výskytu prvkov v prírodných vodách, ktoré dokumentuje tab. 1, vyplývajú veľmi zaujímavé závery pre geochemickú perspektívu ich ťažby z prírodných vôd. Pod geochemickou perspektívou rozumieme schopnosť skoncentrovania jednotlivých prvkov v prírodných vodách či už z hornín zemskej kôry alebo oceánskej vody v súčasnosti alebo v minulosti pri morských transgresiách, v dôsledku ktorých sa mohli uchovať v hydrogeologicky a hydrogeochemicky zatvorených štruktúrach až dodnes.

Pomer obsahu prvkov v podzemnej vode a horninách (tab. 1) orientačne dokumentuje schopnosť jednotlivých prvkov skoncentrovať sa v prírodných vodách. Prvky s najvyššou hodnotou tohto pomeru sa i prakticky v najväčšej miere z vôd ťažia.

Z pohľadu exploatacie týchto prvkov je ich maximálna koncentrácia, resp. vôbec koncentrácia ako taká, len jedným z faktorov. Poukazuje iba na potenciálnu možnosť ich ťažby z prírodných vôd.

Ďalšie podmienky sú:

- a) exploatačné zásoby podzemných vôd;
- b) technologické možnosti ich získavania;
- c) komplexnosť získavania prvkov (ťažba viacerých prvkov, využitie geotermálnej energie a plynov v exploatovaných vodách a pod.). Je zaujímavé, že napr. pri individuálnej ťažbe Br a I predstavuje minimálny obsah Br 250 mg/l a I 18 mg/l, zatiaľ čo pri ich spoločnom získavaní je ich minimálny obsah do 200 mg/l a 10 mg/l;
- d) svetová ekonomika a ceny jednotlivých prvkov;
- e) porovnanie ceny prvku pri jeho ťažbe banským spôsobom (z pevných materiálov) a prírodných vôd;
- f) náklady spojené s environmentálnym impaktom ťažby prvkov z prírodných vôd (likvidácia odpadových produktov).

Z toho možno zhrnúť štyri základné úrovne, ktoré sú rozhodujúce pri ťažbe prvkov z prírodných vôd, a to:

- a) fyzikálno-chemické a geochemické vlastnosti prvkov,
- b) technológia,
- c) ekonomika,
- d) ekológia.

Z toho vyplýva, že kondície sú v závislosti od jednotlivých úrovní individuálne a prakticky možno hovoriť o koncentračných limitoch, resp. intervaloch. Ako príklad možno uviesť (PLOCHNIEWSKI, 1979):

- pre I od 80–100 mg/l, ale v niektorých krajinách sa môže získavať jód z vôd pri hodnotách nad 18 mg/l;
- Br sa môže so ziskom ťažiť z vôd pri hodnotách nad 200 mg/l alebo 250 mg/l;
- pre Mg je to odhadnutá koncentrácia, ktorá kolíše od 2 000 mg/l do 4 200 mg/l;
- pre K sú udávané všeobecné hodnoty 350 mg/l a 1 000 mg/l;
- Li je zaujímavé pri obsahu nad 10 mg/l;
- pre Sr je udávaná koncentrácia nad 300 mg/l;
- pre Rb sú to hodnoty 5–6 mg/l (KRAJNOV a ŠVEC, 1980);
- Cs nad 1 mg/l (KRAJNOV a ŠVEC, 1980);
- B nad 200 mg/l, čo pre H_3BO_3 predstavuje hodnotu 1 145,5 mg/l a pre HBO_2 hodnotu 810,5 mg/l (KRAJNOV a ŠVEC, 1980).

Z doteraz uvedených poznatkov možno definovať prírodné vody (podzemné i povrchové), z ktorých sa dajú ťažiť prvky, ako vody, ktoré obsahujú také množstvo prvkov, ktoré zabezpečuje v konkrétnych hydrogeologických podmienkach na danej technologickej úrovni ich produkciu so ziskom.

Prírodné vody Západných Karpát potenciálne z hľadiska ťažby

Prvú zmienku o získavaní prvkov z vôd na Slovensku publikoval Wernher (1549) v Bazileji. Opisuje Španiu dolinu a Smolník: "Pri meste Bistricia (Banská Bystrica), Nemci ju nazývajú Neusola, sú najbohatšie rudné bane, ktoré sa teraz volajú "Kráľovské", pretože sa v nich teraz doluje na štátne náklady. Z jednej štólne vyteká zelenkastá voda, v ktorej po usadení možno nájsť zrnká chryzokolu.

Na Spiši sa nachádza voda, ktorá má schopnosť pohlcovať železo. Takáto voda je pri Smolníku. Toto mesto patrí do majetku Spišského hradu. Leží medzi horami, kde sa dolujú rozličné kovy. Voda sa čerpá čerpadlom, toto poháňané zhora padajúcou vodou, otáčaním a zábermi lana, na ktorom je hodne kožených vakov, naplnia vodou rúry. Z nich vyúsťuje prúd vody do pripojených kanálov, ktoré ju odvedú a na voľnom priestranstve vypustia do jám. Do nich sa vkladá surová železná ruda, či už stará alebo nová. Čím menšie sú kusy, tým skôr sa ruda rozloží. Niektoré železá sa rozložia už za 24 hodín, tie, ktoré sú hrubšie, a také sa pripravujú pre tento cieľ v susedných železorudných vrchoch, sa vložia na niekoľko dní do vody. Počas tejto doby sa kusy železa obalia kalom. Po určitom čase sa železo umýva a čistí, aby sa rýchlejšie rozložilo účinkom vody na čistý kov a ostatné zvyšky horniny. A to, čo po odstránení železa zostáva, podobné hline, je meď (ľudove sa to nazýva cement).

Tento kov sa v peci vypáli na tuhú hmotu, ktorá sa zasa v druhej peci roztavením prečistí a stane sa rýdzejšou. Rovnako je vhodná na všestranné využitie, ako tá,

Tab. 1 Obsah vybraných prvkov v rôznych prostrediach

Prvok	Priemer. obsah v horninách (ppm)	Maxim. obsah v podzem. vodách (mg/l)	Obsah v oceán. vode (mg/l)	Podzemná voda/hornina
Li	32	700	0,2	21,9
Na	25 000	160 000	10 500	6,4
K	25 000	60 000	380	2,4
Rb	150	960	0,12	6,4
Cs	3,7	25	0,0005	6,75
Mg	18 700	110 000	1 350	5,9
Ca	29 600	205 000	400	6,9
Sr	340	10 000	8	29,4
Cu	47	46 500	0,003	989,4
U	47	100	0,003	40
B	12	23 000	4,6	1916
Cl	170	400 000	19 000	2 353
Br	2,1	17 500	65	8 333
I	0,4	1 400	0,06	3 500
As	1,7	905	0,003	532,4
W	1,3	56	0,0001	43

čo sa získava priamo z rudy a tej sa tu na tomto mieste hodne nachádza.”

Možno povedať, že uvedená lokalita je jediná, na ktorej sa získavala meď v prevádzkovom meradle. Pokusy s mikrobiologickým vylúhovaním (ŠPAČEK, 1992) boli u nás aplikované na lokalitách Smolník, halda Maximilián v Španej doline (získavanie medi) a úprava zlatonosných koncentrátov na ložisku Pezinok (mikrobiologická oxidácia s následnou kyanizáciou systémom ionexov).

V podmienkach Západných Karpát z asociácie potenciálnych prvkov, ktoré sa môžu ťažiť z prírodných vôd, sa možnosti zužujú na tieto prvky: Li, Sr, I, Br, B a Cu.

Uvedený výber bol urobený na základe týchto podmienok:

- a) geografické (absencia oceánu, mora),
 - b) geologické (absencia aktívneho vulkanického systému, bezodtokových jazier soľného alebo karbonátového charakteru a pod.),
 - c) nekompletný dokumentačný materiál (chemické analýzy a pod.),
 - d) vrtné práce, resp. projekty, dosiaľ nikdy nemali cieľ preskúmať tieto prírodné vody; cieľom boli prevažne minerálne a geotermálne vody, nafta a plyn,
 - e) prevažná väčšina prieskumných naftových vrtoch je zatampónovaná a v geotermálnych vrtoch sú najhlbšie intervaly (perforácia) oddelené, pretože jednou z podmienok využívania geotermálnych vrtoch v prípade jedného vrtu je priaznivé chemické zloženie vôd pre následné možnosti likvidácie geotermálnych vôd zbavených tepla.
- Predmetom nášho štúdia boli tieto typy prírodných vôd:
- a) minerálne vody Západných Karpát,
 - b) geotermálne vody viazané na karbonáty mezozoi-ka a neogén Západných Karpát,
 - c) výtoky z banských diel,

d) sekundárna soľanka získaná pri ťažbe soli v Solivare pri Prešove.

Lítium

Jedným z najväčších producentov lítia vo svete je spoločnosť Cyprus Minerals (USA), ktorá v roku 1988 zahrnula do podnikania s lítiom aj spoločnosť Fode Mineral Company. Ťaží v oblasti Silver Peak (Nevada) a v Chile. Sú to dva z najväčších svetových zdrojov lítiových soľaniek. Štúdie v oblasti panvy Salar de Atacama (Chile) uvádzajú, že potenciálne zásoby lítia v soľankách predstavujú asi 4,3 mil. ton s obsahom Li 1 400 ppm. Soľanky sa napúšťajú do povrchových nádrží, kde dochádza k ich koncentrácii prirodzenou evaporáciou. Obsah lítia sa až 12-krát zvýši. Z takto upravených soľaniek sa potom uhličitan lítiny získava priemyselne. Táto spoločnosť produkuje približne 50 % svetovej produkcie uhličitanu lítneho (Annual Report, 1988), pričom soľanky sú najlacnejšie zdroje lítia. Spoločnosť Cyprus Minerals v roku 1988 vyprodukovala 11,8 mil. kg uhličitanu lítneho, čo reprezentovalo zverejnený príjem 13,1 mil. USD.

Ďalším veľkým producentom lítia je spoločnosť FMC Corporation, ktorá vyvíja svoje aktivity na novom ložisku lítiových soľaniek v oblasti Salar del Hombre Muerto v Catamarce (Argentína). FMC očakáva ťažbu 7 000–15 000 ton uhličitanu lítneho za rok, čo si vyžaduje investíciu 40–55 mil. USD. Ťažba lítia na novom ložisku zvýši svetovú produkciu uhličitanu lítneho o 25–50 % (Chemical Marketing Reports, 1991).

Agentúra pre priemyselnú vedu a technológiu (AIST) začala v roku 1989 v spolupráci s Mexikom a Čínou vývoj technológie na získavanie Li, Mg a iných prvkov zo soľaniek. Súčasťou projektu je spolupráca s Výskumným priemyselným inštitútom (GIRI) Shikoku,

ktorý vyvinul technológiu na získavanie lítia zo soľaniek (Comline Chemicals & Materials, 1989).

Svetová spotreba lítia podľa Chemical & Engineering News (1986):

1986	1985	% 86/85
2,4 tis. ton	2,5 tis. ton	-4

V súčasnosti spotreba Li narastá v dôsledku jeho využitia do batérií s dlhou životnosťou.

V podmienkach Západných Karpát je zaujímavý obsah lítia (nad 10 mg/l) v minerálnych vodách viazaný na:

- pieskovce paleogénneho flyšu,
- triasové karbonáty, v ktorých nadloží sú pieskovce paleogénneho flyšu (ide pravdepodobne o zasiaknutú marinogénnu mineralizáciu; FRANKO a BODIŠ, 1989),
- miocénnu soľonosnú formáciu.

Jednoznačne najvyšší obsah lítia je v Solivare (šachta Leopold). Podkladom sú chemické analýzy minerálnych vôd Západných Karpát urobené v laboratóriu ÚÚG Brno v roku 1971. Ide o soľanku s hodnotou celkovej mineralizácie 292,1 g/l, výrazného nátriovo-chloridového typu s obsahom lítia 320,0 mg/l. Pomer Cl/Br tejto soľanky je 435 688,1, čo naznačuje jej pôvod rozpúšťaním solí infiltrujúcimi meteorickými vodami. Pre podobné soľanky sú charakteristické nižšie hodnoty pH. Táto soľanka má hodnoty pH 5,0–5,1.

Druhý najvyšší výskyt lítiav Západných Karpatoch je v minerálnych vodách v Luhačovicach. Obsah lítia sa pohybuje od 23,3 mg/l do 52,0 mg/l. Vody sú prechodného nátriovo-hydrogénuhličitanovo-chloridového typu s hodnotami celkovej mineralizácie 8,4–14,3 g/l.

Vysoký obsah lítia sa nachádza aj v minerálnych jódo- bromových vodách v Oravskej Polhore. V zdroji Arta (S-5) je koncentrácia Li 31,58 mg/l. Vody sú výrazného nátriovo-chloridového typu s hodnotou celkovej mineralizácie 41,4 g/l.

Z ďalších minerálnych vôd s obsahom lítia 10–11 mg/l sú to vody viazané na pieskovce paleogénneho flyšu v Cigefke a Sobrančiach a vody viazané na triasové karbonáty, v ktorých nadloží sú pieskovce paleogénneho flyšu v Bardejove. Ide o vody výrazného, resp. nevýrazného nátriovo-hydrogénuhličitanového typu s hodnotami celkovej mineralizácie 10–15 g/l a v prípade Sobraniec (Kúpeľný prameň) vody výrazného nátriovo-chloridového typu s hodnotou celkovej mineralizácie 9,5 g/l.

Z geotermálnych vôd je nielen z hľadiska obsahu lítia, ale aj iných prvkov (pozri ďalej), zaujímavá voda zachytená v dolomitoch a vápencoch spodného triasu (?) z hĺbkového intervalu 1 300–1 762,5 m vrtnom GTM-1 v Marcelovej. Soľanka je výrazného nátriovo-chloridového chemického typu s hodnotou celkovej mineralizácie 90,1 g/l (chemická analýza GÚDŠ). Obsah lítia v soľanke je 51,43 mg/l.

Po výskume možností využitia minerálnych a geotermálnych vôd na extrakciu lítia musí nasledovať ďalšie hlbšie štúdium chemického zloženia, geologických a hydrogeologických podmienok uvedených vôd.

Stroncium

Podľa skúseností z krajín, v ktorých sa zo soľaniek extrahuje stroncium, je jeho získavanie výhodné pri obsahu 300 mg/l. V podmienkach Západných Karpát sa nevyskytujú prírodné vody s uvedeným obsahom stroncia. Najvyššiu koncentráciu má soľanka z vrtu GTM-1 v Marcelovej. Obsah stroncia v týchto geotermálnych vodách dosahuje 220,08 mg/l. Túto geotermálnu vodu i napriek tomu, že obsah stroncia v nej nedosahuje profitovú hodnotu, pokladáme za potenciálnu z hľadiska komplexného využívania týchto zložiek:

- bróm (obsah 198–320 mg/l),
- jód (obsah 18–23,1 mg/l),
- stroncium (obsah 220,08 mg/l),
- rubídium (obsah 0,93 mg/l),
- lítium (obsah 51,43 mg/l),
- NaCl,
- geotermálna energia (možnosť využiť ako zdroj na odparovanie vôd aj na iné účely).

Najvyšší obsah stroncia v minerálnych vodách je 149,6–156,0 mg/l v jódo- bromových vodách v Oravskej Polhore. Aj tu je predpoklad komplexného využitia týchto vôd z hľadiska výskytu ďalších prvkov (jód, bróm a soľ).

Bór

Najvyšší obsah bóru v minerálnych vodách je viazaný na pieskovce paleogénneho flyšu v oblasti Cigefky. V jednotlivých zdrojoch v tejto oblasti sa obsah HBO₂ pohybuje od 501,6 mg/l do 605,0 mg/l. Ide o vody výrazného nátriovo-hydrogénuhličitanového typu s hodnotami celkovej mineralizácie okolo 29 g/l. Uvedené vody nedosahujú ekonomicky využiteľný obsah bóru.

Z geotermálnych vôd sú svojím obsahom bóru veľmi zaujímavé vody v oblasti Košickej kotliny. Vo vrte KP-1 Kecerovské Pekľany vody z hĺbkového intervalu 2 594 až 2 635 m obsahujú 1 040 mg/l HBO₂ (rentabilná hodnota je 811 mg/l HBO₂). Geotermálne vody sú viazané na strednotriasové karbonáty. Hodnota ich celkovej mineralizácie je 33,4 g/l pri výraznom nátriovo-chloridovom chemickom type.

Vo vrte Prešov-1 boli v hĺbkovom intervale 2 923,5 až 2 964 m v karbonátoch stredného triasu odkryté geotermálne vody nevýrazného nátriovo-hydrogénuhličitanového typu s mineralizáciou 10,9 g/l. Obsah HBO₂ bol 838,4 mg/l.

V oblasti lábsko-malackej elevácie s prilahlými poklesnutými kryhami boli odkryté v mezozoickom podloží soľanky s hodnotami celkovej mineralizácie 109,8 až 129,7 g/l. Sú výrazného nátriovo-chloridového typu s charakteristickým zastúpením kalciovo-chloridovej zložky. Geneticky vznikli evaporáciou morskej vody, v ktorej po zasiaknutí do triasových karbonatických komplexov došlo k metamorfóze ich chemického zloženia (BODIŠ, REMŠÍK a KLAUČO, 1988). Obsah HBO₂ v týchto vodách sa pohybuje od 506,8 mg/l do 700,0 mg/l.

V oblasti šaštínskej elevácie vo vrtoch Šaštín-9 (v hĺbke 2 017,4–2 200 m) a Šaštín-10 (hĺbka 2 550 až

2 570 m) sa nachádzajú geotermálne vody natrio-chloridového typu s hodnotami celkovej mineralizácie 13,6 g/l, resp. 13,9 g/l s obsahom HBO_2 513,0 mg/l, resp. 616,0 mg/l.

Z uvedeného vyplýva, že ekonomicky výhodná možnosť získavania bóru by pripadala do úvahy po energetickom využití vrtov.

Jód

Celková svetová spotreba jódu (Chemical Week, 1987) bola 4,1 mil. kg/rok. Určité napätie na vcelku ustálenom trhu spôsobili dve udalosti, a to zatvorenie továrne na výrobu jódu spoločnosti Dow Chemicals a jadrová katastrofa v Černobyli.

Najväčší dovozcovia jódu do USA sú Japonsko a Chile. Japonský vývoz jódu predstavoval v roku 1986 7,251 ton. Japonsko má šesť producentov jódu, ktorý sa získava zo soľaniek produkovaných pri ťažbe prírodných plynov. Chile produkuje 3 000–3 500 ton jódu ročne.

Porovnanie svetových cien surového jódu:

november 1990	16–17	USD/kg,
november 1991	12–12,50	USD/kg,
november 1992	9,50–10,50	USD/kg.

Za posledné tri roky sa cena jódu prudko znížila.

Zaujímavý obsah jódu z hľadiska jeho extrakcie z prírodných vôd je od 80–100 mg/l, ale v niektorých krajinách je jód produkovaný už pri hodnotách nad 18 mg/l.

V podmienkach Západných Karpát jódo-bromové vody komplexne opísali FRANKO a MICHALÍČEK (1982). Zamerali sa na balneoterapeutické využitie týchto vôd s podmienkami:

- minimálny obsah jódu: 25 mg/l,
- teplota vôd: aspoň 40 °C,
- výdatnosť: aspoň 3 l/s.

Citovaní autori vyčleňujú tieto perspektívne štruktúry jódo-bromových vôd:

a) Viedenská panva – perspektívne sú všetky štruktúry ako reprodukčné, plynoproduktívne i naftoproduktívne. Najperspektívnejšia je "jz. depresná zóna pozdĺž lábsko-lakšárskej elevácie". V území zhruba medzi Suchohradom – Malými Levárami–Malackami–Lábom–Vysokou je v kolektoroch spodnej časti bádenu akumulovaných asi 4,7 miliardy m^3 prírodných zásob vôd, čo pri priemernom obsahu jódu 50 mg/l predstavuje zásobu 235 miliárd kg jódu. Z tejto nádrže možno vodu v množstve 16 l/s ťažiť v priebehu 30 rokov;

b) podunajská panva – dubnická depresia (obsah jódu v rozmedzí 28,5–93,3 mg/l), štruktúra v oblasti Veľkých Kostolian (obsah jódu 49,5–50,7 mg/l) v trnavskom zálive a najpriaznivejšia štruktúra v trnavskom zálive v oblasti Madunic (obsah jodidov 31,7 mg/l);

c) východoslovenská panva – kolektory sarmatu na štruktúre Ptukša (obsah jodidov nad 25 mg/l). Najpriaznivejšia je štruktúra Kecerovské Pekľany.

Autori odporúčajú preskúmať najprv perspektívne štruktúry v oblasti Viedenskej panvy a až potom ďalšie dve. Odporúčanie odôvodňujú praktickými balneologickými skúsenosťami z využívania I-Br vôd v Hodoníne.

Okrem vymenovaných perspektívnych štruktúr odporúčajú FRANKO a MICHALÍČEK (1982) hlbokými vrtmi preskúmať lokalitu Oravská Polhora. V Oravskej Polhore bol navŕtaný vrt FPJ-1 hlboký 2 417 m. Kolektorom jódo-bromových vôd boli pieskovcové súvrstvia (zbojské súvrstvie) jednotky Obidovej-Slopníc v hĺbke 1 725–2 170 m (ZAKOVIČ et al., 1988).

Geotermálne I-Br vody z vrtu FPJ-1 sú výrazného natrio-chloridového typu s hodnotou celkovej mineralizácie okolo 47 g/l. Hodnoty všetkých analyzovaných komponentov možno považovať (pri takej vysokej mineralizácii vôd) za pomerne stále. Výnimku tvoria Na a Cl, ktorých obsah sa mení o 385 mg/l v prípade sodíka a o 162 mg/l v prípade chloridov. Hodnoty pH kolíšu v rozmedzí 7,1 až 7,5, čo pravdepodobne závisí od obsahu CO_2 vo vode. Malé zníženie celkovej mineralizácie spôsobené vypadnutím časti látok z roztoku môžeme pozorovať pri odbere pred separáciou plynov a po nej. Obsah stanovených stopových prvkov sa pohybuje v tomto rozmedzí: Cu 0,057–0,074 mg/l, Zn 0,011–0,13 mg/l, Al 0,073–0,7 mg/l, Mn 0,24–0,34 mg/l, vyšší obsah Fe (až 12,9 mg/l) pochádza pravdepodobne z FeS_2 , resp. sa dostáva do roztoku korozívnym účinkom vôd na pažnice. Vysoký obsah stroncia (priemerná oceánska voda obsahuje cca 8–8,5 mg/l Sr) až 215,25 mg/l je výsledkom procesov nakoncentrovania a metamorfizácie morských vôd, pričom treba poznamenať, že stroncium je biologicky aktívny prvok.

V porovnaní s chemickým zložením priemernej oceánskej vody sú I-Br vody v Oravskej Polhore ochudobnené o Mg, K a SO_4 , pričom obsah Ca je podobný, a obohatené o Li, NH_4 , Sr, Fe, Mn, Cl, F, Br, I a HCO_3 . Z genetického hľadiska ide o vody marinogénne, tzv. soľanky alebo rôsoly (celková mineralizácia nad 35 g/l). Z pohľadu hodnoty koeficientu Cl/Br ide o reliktné morské vody. Prvotné vody pochádzali najpravdepodobnejšie z morských vôd, ktoré mali obmedzený styk s otvoreným morom a procesmi evaporácie sa ich mineralizácia zvyšovala. Po následnom uzatvorení v horninovom prostredí vody podliehali iba malým zmenám v procesoch metamorfózy (pozri koeficienty Cl/Br a Na/Cl, pričom hodnota 0,86 patrí priemernej oceánskej vode). Pre reliktné morské vody tohto typu je typická iónová výmena $2\text{Na}^+ = \text{Ca}^{2+}$, ktorej následkom sa zvyšuje hodnota zložky $\text{S}_2(\text{Cl})$ a biochemické procesy, ktoré sú príčinou odstránenia prevažnej väčšiny síranov z roztoku. Interakcie voda-hornina prebiehali pravdepodobne iba v obmedzenej miere, pretože horninové prostredie je tvorené hydrogeochemicky málo aktívnymi minerálmi (pieskovce jednotky Obidovej-Slopníc). Takto uvedený paleohydrogeochemický náčrt podporujú i hodnoty izotopu kyslíka + 6,3 ‰. (KANTOR, osobná informácia).

Stredný obsah I v morských a oceánskych vodách podľa údajov mnohých autorov je 0,05 mg/l. Jeho nakoncentrovania v marinogénnych vodách je spojené najmä s procesmi termobarickej metamorfózy rozptýlenej organickej hmoty v sedimentárnych horninách a vyluhovania jódu z organicko-minerálnych komplexov pórovými vodami. Jeho obsah vo vodách vrtu FPJ-1 je pomerne stály a pohybuje sa okolo 18 mg/l pri rôznych

podmienkach odberu. Podobne ako bróm, lítium a stroncium je veľmi významný nielen z balneologického hľadiska.

Vo vrte Oravská Polhora FPJ-1 boli počas vrtania zaznamenané vo výplachu prejavy živičných plynov od 346 m až do konečnej hĺbky vrtu s obsahom 0,1–75 % Cl. Ich chemické zloženie sa sledovalo pri väčšom preplynení výplachu a počas čerpacích skúšok.

Vek plynov vypočítaný na základe vzorca:

$$\text{Vek (spont. plyny)} = 25 \cdot \text{He/Ar (mil. rokov)}$$

$$\text{Vek} = 25 \cdot 1,7958$$

$$\text{Vek} = 45 \text{ mil. rokov}$$

predstavuje približne dobu ich vzniku (paleogén–eocén) a javí sa pomerne reálny. Na základe hodnoty pomeru He/Ar (1,7958) možno charakterizovať štruktúru ako zónu s obmedzenou výmenou vody.

Prvou prelivovou skúškou bola zistená maximálna výdatnosť vrtu 5,54 l/s, minimálna výdatnosť 2,3 l/s, pričom využiteľné množstvo I-Br vôd pri exploatacii voľným prelivom bolo stanovené na 2,5 l/s. Neskôr došlo k havárii vrtu a druhou prelivovou skúškou bola dokumentovaná maximálna výdatnosť 2,5 l/s, minimálna výdatnosť 1,23 l/s a využiteľné množstvo vôd voľným prelivom bolo stanovené na 1,0 l/s s teplotou 31,3 °C. Jódovo-brómovú vodu možno využívať komplexne: energetické využitie vôd a metánu, Li, Sr, I, Br.

Z hľadiska výskytu jódu je veľmi zaujímavá geotermálna voda z vrtu VTB-1 Svodín–Brúty. Pri priemernej výdatnosti prelivom 9,8 l/s (SMETANA, 1990) je obsah jódu 39,56 mg/l. Vody sú viazané na neogénne sedimenty podunajskej panvy, sú výrazného nátriovo-chloridového typu s mineralizáciou 32,3 g/l.

V oblasti Klanečnice bola vrtom KLK-1 zistená prírodná voda nevýrazného nátriovo-chloridového typu s mineralizáciou okolo 25,5 g/l. Voda obsahuje voľný metán a CO₂ (POTFAJ a BODIŠ, 1987). Vrt mal hĺbku 662 m a prevrtal bielokarpatskú a račiansku jednotku. Podzemná voda je viazaná na puklinové kolektory v pieskovočoch a piesčitých ílovcoch zlínskych vrstiev račianskej jednotky. Charakter chemického zloženia vôd sa počas vrtania i po jeho skončení menil v tomto rozsahu (maximum a minimum vybranej zložky v mg/l z piatich analýz): Li 4,0–7,75; Na 7 330,0 – 8 250,0; K 59,4–73,15; NH₄ 12,7–16,7; Cl 6 160,0–6 825,0; SO₄ 8,2– 23,0; Br 10,0–15,4; I 26,4–28,8; HCO₃ 9 153,0 až 10 817,48. Minerálnu vodu vrtu KLK-1 možno zaradiť medzi marinogénno-hydrosilikátogénne vody flyšového pásma Západných Karpát, ktoré vznikajú miešaním vôd typu "Oravská Polhora" s recentnými atmosférickými vodami (FRANKO, 1986).

Zaujímavý obsah jódu majú jódovo-brómové minerálne vody v oblasti Číža a Cakova. Jeho koncentrácia sa pohybuje okolo 23 mg/l. Využívajú sa na liečebné účely. Veľkou nevýhodou je veľmi malá výdatnosť zdrojov týchto vôd.

Prírodné vody s obsahom jódu nad 25 mg/l sú z genetického hľadiska marinogénne vody nátriovo-chloridového typu. Predstavujú soľanky, reliktné morské vody až do rôznej stupňa infiltračne degradované marinogénne vody.

Pri prípadnej exploatacii je potrebné tieto prírodné vody posudzovať z dvoch aspektov (BODIŠ, 1987). Prvým je druh zásob a druhým možnosť ich vypúšťania po využití do povrchových recipientov (priamo alebo cez mestskú kanalizáciu), resp. možnosť reinjektáže.

Pokiaľ ide o marinogénne vody, z hľadiska zásob predstavujú prírodné (statické) zásoby, ktoré sú v čase vyčerpatelné (nie sú dopĺňané). V prípade, keby sa v technologickom postupe znížila hodnota celkovej mineralizácie na prípustnú hodnotu, vody by mohli byť vypúšťané do povrchových recipientov. V opačnom prípade je najlepším riešením reinjektáž. Treba však poznamenať, že v pórovom prostredí prevažnej väčšiny kolektorov marinogénnych vôd nie sú zatiaľ u nás pozitívne výsledky.

Bróm

Množstvo predávaného alebo použitého brómu vo svete podľa Chemical & Engineering News (1987, 1989) je v tis. ton takto:

Rok:	1985	1986	1987	1988
Množstvo:	160	163	168	180

Naznačuje dlhodobější stúpajúci trend spotreby brómu vo svete. Hlavné použitie a rastúci trend spočíva v jeho novom využití v biocídoch (druh postrekovej látky proti cudzopasníkum) a plameňových retardantoch.

Ceny brómu na svetových trhoch:

november 1990 0,49–0,51 USD/kg,

november 1991 0,50–0,55 USD/kg,

november 1992 0,55–0,56 USD/kg.

Aj ceny brómu majú malý stúpajúci trend.

Svetový trh v obchode s brómom je najlepším príkladom regulácie cien vládami jednotlivých krajín. I napriek tomu je tzv. priemyselná prognóza ročného rastu o 3–5 % vyššia oproti niekoľkým posledným rokom (Chemical Business, sept. 1992).

Jedným z najväčších producentov brómu vo svete je Dead Sea Bromine Ltd. v Izraeli. V súlade s rastom produkcie táto spoločnosť predpokladá jej nárast zo 135 000–140 000 ton/rok na 200 000 ton/rok v rokoch 1996–1997 (Chemical Marketing Reporter, sept. 1991). Najväčší producenti v USA sú: Great Lakes Chemical, Bromine Compounds, Ethyl a Arkansas Chemical.

V podmienkach Západných Karpát je zaujímavý obsah brómu prakticky iba v geotermálnych vodách vrtu GTM-1 v Marcelovej. Obsah brómu v tejto soľanke je 315–320 mg/l (KLAGO, 1988). Túto prírodnú vodu, ako sme už uviedli, by bolo najlepšie využívať komplexne, t. j. systémom energia–prvky.

Vysoký obsah brómu, ktorý však podľa rešeršných podkladov nemožno priemyselne využívať, je v soľankách z oblasti Oravskej Polhory. Obsah brómu tu dosahuje 131,86–140,0 mg/l.

Meď

Jediný z kovových prvkov, ktorý je možné v podmienkach Západných Karpát extrahovať z vôd, je meď.

História získavania medi z banských vôd je uvedená v predchádzajúcom texte. V súčasnosti sa med' aktívne neťaží. Na Smolníku ťažbu zastavili v roku 1991. Súviselo to s útlmovým programom v oblasti baníctva. Prestalo sa ťažiť banským spôsobom a popritom zanikla i ťažba medi z banských vôd a hald, pričom treba poznamenať, že med' získaná z banských vôd zlepšovala hlavne v kritických rokoch ekonomiku banskej činnosti.

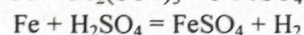
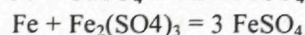
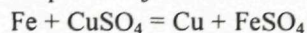
Svetové ceny medi:

november 1990	1 430,20 libier/t,
november 1991	1 291,00 libier/t,
november 1992	1 389,00 libier/t.

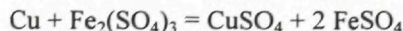
Cementovú vodu na ložisku reprezentovali prirodzené alebo umelé roztoky medených solí, prevažne modrej skalice (CuSO_4), z ktorej sa zložka medi nechala vyzrážať do pevného stavu pomocou kovového železa v jednotlivých cementačných nádržiach, vyhotovených na tento účel pri jednotlivých banských dielach. Obsah medi v cementovej vode v polovici 19. storočia bol 0,8 až 0,2 lóta v kubickej stope (14 g až 3,5 g v $0,0315 \text{ m}^3$), t. j. 0,445 g/l až 0,111 g/l. V roku 1859 bol napr. priemerný obsah medi v rudnom šlichu 56,8 % s intervalom 12–86 % (MAGULA, 1976).

Popri klasickom cementačnom spôsobe získavania medi boli pokusy aj zrážaním sulfánom, hydrátom sírnika, železa a galvanickou cestou. Všetky tieto pokusy boli zdĺhavé a nehospodárne.

Pri cementácii prebiehajú tieto reakcie:



Mnohí autori pripúšťajú i priebeh ďalšej reakcie, a to spätné rozpúšťanie vycementovanej medi síranom železitým:



Opis cementácie, ktorý bol donedávna realizovaný v oblasti Smolníka, je prevzatý z práce ČIŠKA a SVÝBOVEJ (1976).

Banská voda prechádza cez vyrovnávaciu a sedimentačnú nádrž s objemom 300 m^3 . V nádrži sa odstraňujú hrubé nečistoty. Vlastnú cementáciu predstavuje 12 cementačných žľabov ($1,35 \times 2 \times 8 \text{ m}$) s efektívnym objemom 146 m^3 a kuželový cementátor s efektívnym objemom $2,8 \text{ m}^3$. Žľaby sú vertikálne rozdelené horizontálnym dreveným roštom. V nadroštovom priestore je uložený ľahký oceľový šrot (odlakované a odcínované prestrihy konzervového plechu), na ktorého povrchu sa vyzráža cementačná med'. Cementačná zrazenina sa akumuluje v podroštovom priestore.

Účinnosť cementácie sa zvyšuje:

- splachovaním prúdom tlakovej vody,
- pridávaním kyseliny sírovej,
- ponorný bremenový magnet stláča a upravuje uloženie kovového šrotu.

Výsledky cementácie ovplyvňujú hlavne dva faktory (JANIČEK, 1976):

- banská voda,
- šrot.

Z historických údajov vyplýva, že obsah medi v banskej vode bol v minulosti väčší. Porovnanie predpokladaných a reálnych výsledkov v roku 1975:

	Predpok.	Skutoč.
Priemer. prítok banskej vody ($\text{m}^3/\text{deň}$)	900	1 470
Obsah Cu (mg/l)	100	135,5
Výťažnosť (%)	50	77
Denná produkcia medi (kg)	45	144

Odpadová voda po získaní medi je neutralizovaná na drvených vápencoch.

Výrobné náklady na tonu expedovanej medi v roku 1975 boli 15,5 tis. Kčs, z čoho následne môžeme usudzovať, že cementačná med' je trikrát lacnejšia než adekvátne množstvo medi vyrobenej banskoupravárenským spôsobom.

Efektívny proces, ktorý pri použití vo vhodných podmienkach dovoľuje podstatne znížiť hranicu ekonomicky využiteľnej kovnatosti, je bakteriologické vylúhovanie rúd. Táto metodika je dobre overená a zaužívaná hlavne pri získavaní medi a uránu.

Podľa ŠPAČKA et al. (1976) je základnou podmienkou priepustnosť ložiska (masy rudy) pre vyluhovací roztok. Túto podmienku môžu splňať:

- haldy (historické a súčasne tvorené odvaly, ruda ťažená na haldu),
- závaly (historické i súčasne vznikajúce pri klasickej ťažbe),
- priepustné časti ložiska v podzemí (prírodné a umelé).

Reakčný mechanizmus prebieha za spolupôsobenia baktérií *Thiobacillus thiooxidans* a *ferrooxidans*.

Na ložisku Smolník má táto metodika perspektívu hlavne preto, lebo je tu nahromadené pomerne veľké množstvo nebilančnej rozrušenej rudy na haldách (ruda obsahuje 0,1–0,4 % Cu). Problémom je hlavne väzba medi vo forme chalkopyritu, ktorý je predstaviteľom ťažko lúhovateľných minerálov. Pokusne sa dosiahla výťažnosť takéhoto spôsobu ťažby na halde 2,83 % medi za prvý rok prevádzky a výpočtom stanovený priebeh výťažnosti za posledný rok bol 2,18 % (ŠPAČEK, 1992). Nízka výťažnosť je pravdepodobne spôsobená:

- vysokým odhadom výťažnosti podľa analógie odvodenej zo zahraničných prevádzok,
- menšou tonážou vyluhovateľnej rudy,
- možnosťou úniku výluhov mimo zberného systému.

Dôležitý je aj fakt, že rýchlosť vyluhovania med'natých minerálov klesá v rade:

azurit–malachit–tenorit–chryzokol–kuprit–chalkozín–bornit–kovelín–chalkopyrit; práve chalkopyrit je na ložisku Smolník najviac zastúpený med'natý minerál.

Pri zastavení ťažby klasickým spôsobom je v ložisku rádovo 10 mil. ton zásob rudy, ktorá by sa dala ťažiť touto metódou.

Uvedené poznatky majú rešeršný charakter. Vzorku banskej vody sa nám nepodarilo odobrať pre neprístupnosť v banských priestoroch. Všetky opísané postupy a zariadenia na lokalite Smolník existujú a sú

funkčné. Z banských vôd sa dá extrahovať s profitom med', agresívne vody (pH 2,6–3,0) sa nedostanú do povrchového recipientu (neutralizácia realizovaná napr. drveným vápencom) a spotrebuje sa kovový šrot.

Chemické zloženie vybraných banských vôd a sekundárnej soľanky

Uvedené informácie sme sa pokúsili doplniť o prípadné potenciálne zdroje prírodných vôd, z ktorých by sa dali ťažiť prvky, resp. soli.

Voznica – Nová odvodňovacia štôlna

Voda je A₂-S₂(SO₄) prechodného typu s hodnotou celkovej mineralizácie 590,75 mg/l a neobsahuje významné množstvo prvkov, ktoré by sa mohli z nej ťažiť.

Voznica – Dedičná štôlna

Voda má vyššiu mineralizáciu ako NOŠ (1 243,40 mg/l) aj vyšší obsah kovových prvkov (Zn= 6,75 mg/l, Cu = 0,084 mg/l, Pb= 0,012 mg/l). Obe vzorky zo štôlní boli odoberané pri ústí. V Dedičnej štôlni je veľké množstvo sedimentu, ktorý z vôd vypadáva ešte vnútri štôlne, preto ich obsah na ústí je oveľa nižší. Zaujímavé by bolo jej lokálne energetické využitie termočerpadlami (teplota vody je 17,9 °C).

Kremnické bane – Dedičná štôlna

Voda má nízku hodnotu celkovej mineralizácie (313,99 mg/l), ako aj obsah kovových prvkov, je výrazného Ca-SO₄ typu. Podobne ako v oblasti Štiavnických baní sedimenty vypadávajú vnútri štôlne.

Špania dolina

V oblasti Španej doliny sú vody z banskej činnosti sústredené do štôlne s prietokom cca 2 l/s. Voda síce obsahuje zvýšené množstvo medi a niklu (0,28 mg/l, resp. 0,019 mg/l), ale toto množstvo je z hľadiska ich získavania bezvýznamné.

Pri štôlni je prameň s malou výdatnosťou cca 0,05 l/s. V rezervoári je vyzrážaný medený sediment. Voda má hodnotu celkovej mineralizácie 64,08 mg/l, obsah medi je 1,5 mg/l. Ľudovo sa tento zdroj nazýva Modrý prameň.

Z uvedených banských vôd sa prakticky nedá v súčasnosti získavať žiadny prvok. Pomerne nízky obsah zaujímavých prvkov je zapríčinený hlavne:

– pH charakterom vôd; tieto prvky sa vyskytujú v tzv. vitriolových banských vodách – ako príklad možno uviesť banské vody v oblasti Smolníka,

– tým, že migračná schopnosť týchto prvkov v neutrálnej oblasti pH je malá, v dôsledku čoho z roztoku vypadávajú a ukladajú sa v podobe sedimentu vnútri štôlní.

Príkladom sekundárnej soľanky je ťažba soli v Solivare pri Prešove–Južné ťažobné pole. Soľanka sa získava napušťaním obvyčajnej vody do ložiska soli.

Chemické zloženie získanej soľanky prakticky imituje prírodné soľanky (M= 313,54 g/l), ktoré vznikajú vylúhovaním solí infiltrujúcimi meteorickými, resp. morskými vodami. V takýchto soľankách nie je predpoklad vyššieho obsahu brómu alebo jódu. Vyplýva to zo správania týchto prvkov v procese vzniku halitu. Napr. ióny brómu sa pri kryštalizácii soli rozdeľujú medzi roztok a vznikajúcu soľ. Pre halit je hmotnostný frakcionačný koeficient:

$$\% \text{ Br v halite} / \% \text{ Br v soľanke} = 0,14.$$

Z toho možno usudzovať, že v halite bude len veľmi malé množstvo brómu, a teda následne pri vylúhovaní halitu bude podobne vo vzniknutej soľanke málo brómu.

Sekundárna soľanka má hodnotu celkovej mineralizácie 313,54 g/l pri výraznom natrio-chloridovom type. Pomer Cl/Na zodpovedá stechiometrickému rozpúšťaniu halitu vo vode (1,006). Okrem Na a Cl soľanka obsahuje vysokú koncentráciu vápnika, draslíka a síranov. Zo stopových prvkov sa v nej nachádza kadmium, olovo a ortuť (0,085 mg/l, 0,04 mg/l, 0,019 mg/l).

Z výpočtu indexov nasýtenia pre aktuálne minerálne fázy (log AP/KT, PC WATEQ) vyplýva nasledujúca bilancia:

Soľanka je presýtená (t. j. teoreticky by z nej mali vypadávať uvedené minerálne fázy) prakticky všetkými ílovými minerálmi (illit, kaolinit, Ca-montmorillonit), anhydritom, sadrovcem a aragonitom. Presýtenie halitom je v dobrom súlade s uvedenou genetickou interpretáciou. Zaujímavé je presýtenie soľanky podvojnou soľou – leonitom – K₂Mg(SO₄)₂ · 4 H₂O, ktorá by sa mohla získavať popri soli, podobne by sa mohol získavať aj sadrovec. Soľanka je presýtená aj laumontitom, minerálom zo skupiny Ca-zeolitov – Ca[AlSi₂O₆] · 4 H₂O.

Záver

Prírodné vody (podzemné i povrchové), z ktorých sa dajú ťažiť prvky, možno definovať ako vody, obsahujúce také množstvo prvkov, ktoré zabezpečuje v konkrétnych hydrogeologických podmienkach na danej technologickej úrovni ich produkciu so ziskom.

Na základe rešeršných údajov a kritérií možno zhrnúť, že z prírodných vôd sa získavajú tieto prvky: Li, Na, K, Cu, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ra, U, B, Ge, P, As, S, W, Cl, Br a I.

Z pohľadu exploatacie týchto prvkov je ich maximálna koncentrácia, resp. koncentrácia vôbec, len jedným z faktorov. Poukazujú len na ich potenciálnu možnosť ťažby z prírodných vôd.

V podmienkach Západných Karpát sú na základe doterajších poznatkov na získavanie z prírodných vôd potenciálne prvky: lítium, stroncium, jód, bróm, bór a med'. Uvedený výber bol urobený na základe geografických, geologických a geochemických kritérií a podmienok. Vyplýva z nich, že potenciálne, avšak iba s lokálnym významom, možno v podmienkach Západných Karpát uvažovať o týchto prvkoch (obr.1):

Lítium – potenciálne z hľadiska ťažby Li sú solňanky v Solivare (šachta Leopold), minerálne vody v Luhačovičiach, Oravskej Polhore a geotermálne vody v Marcelovej.

Stroncium – potenciálne sú geotermálne vody v Marcelovej a Oravskej Polhore.

Bór – oblasť Cigeľky, Kecerovských Peklián a Prešova, geotermálne vody lábsko-malackej elevácie a šaštínskej elevácie.

Jód – potenciálne sú prírodné vody vo Viedenskej panve, podunajskej (oblasť Svodína) a východoslovenskej panve i vody v oblasti Oravskej Polhory a Klanečnice.

Bróm – potenciálne sú iba geotermálne vody v oblasti Marcelovej.

Meď – prakticky najreálnejšie z hľadiska produkcie Cu z banských vôd je ložisko Smolník.

Banské vody NOŠ, Dedičnej štôlna vo Voznici, Kremnických baní–Dedičnej štôlna a Španej doliny nevykazujú potenciálnu koncentráciu prvkov vhodných na získavanie z prírodných vôd.

Štúdiom existujúcich poznatkov o prírodných vodách Západných Karpát bola vytypovaná asociácia potenciálnych prvkov z hľadiska možnosti ich získavania z prírodných vôd. Ide o úvodnú štúdiu, ktorá v prípade záujmu musí byť podrobnejšie rozpracovaná z hľadiska uvedených kategórií podmienok.

Literatúra

- Annual Report, 1988: Cyprus Minerals, USA.
- BODIŠ, D., 1987: Geochemia geotermálnych vôd karbonátov mezozoika Západných Karpát. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 158 s.
- BODIŠ, D., REMŠÍK, A. a KLAUČO, S., 1988: Aplikácia faktorovej analýzy pri riešení genézy geotermálnych vôd. Miner. slov. (Bratislava), 20, 4, 353–360.
- Comline Chemical & Materials, August 10, 1989, Aist begins study with Mexico and China on recovery lithium and other substances from salt water resources, 6 p.
- ČIŠKO, V. a SVÝBOVÁ, D., 1976: Zákonitosti medzi parametrami cementácie medi v závode Smolník. ZP SVTS Železozrudné bane, n. p., závod Smolník, 6–17.
- FRANKO, O. a MICHALÍČEK, M., 1982: Jódo-brómové vody Slovenska. Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. Geol. (Bratislava), 4, 97–133.
- FRANKO, O., 1986: Genéza jódo-brómových vôd v Oravskej Polhore. Region. geol. Západ. Karpát (Bratislava), 21, 245–249.
- FRANKO, O. a BODIŠ, D., 1989: Paleohydrogeology of Mineral Waters of the Inner West Carpathians. Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. Geol. (Bratislava), 8, 145–163.
- Chemical Week, January 21, 1987, Outlook for iodine: Sellers market. 71–721.
- Chemical & Engineering News, June 8, 1987, Minerals: Operations were down again in 1986, continuing a longterm trend, 282 p.
- Chemical & Engineering News, June 19, 1989, Minerals: Despite recent gains, output for most chemical minerals, 40 p.
- Chemical Marketing Reporter, September 30, 1991, Dead Sea bromine tightens market grip, 3 p.
- Chemical Marketing Reporter, March 4, 1991, FMC lithium project is started for Argentina, 24 p.
- Chemical Business, September, 1992, Bromine Defies the Odds, 8 p.
- JANIČEK, M., 1976: Skúsenosti z výroby cementačných kalov a mikrobiologického lúhovania hald a podzemia na závode železozrudných baní, n. p. Smolník. Zb. referátov, ZP SVTS, Železozrudné bane, n. p., závod Smolník, 18–43.
- KLAGO, M., 1988: Marcelová-Patince, geotermálne vody vyhľadávaci hydrogeologický prieskum. Manuskript – archív IGHP, Žilina, 38 s.
- KRAJNOV, S. R. a ŠVEC, V. M., 1980: Osnovy geochemii podzemnych vod. Moskva, Izdatel'stvo Nedra, 285 s.
- MAGULA, R., 1976: Z histórie technológie výroby cementačnej medi v Smolníku. Zb. referátov ZP SVTS, Železozrudné bane, n. p., závod Smolník, 1–5.
- PLOCHNIEVSKI, Z., 1978: Polish mineral waters as chemical raw material. Proceedings, Hydrogeochemistry of mineralized waters, Cieplice Spa, Poland, 278–285.
- POTFAJ, M. a BODIŠ, D., 1987: Nálezová správa o výskyte slanej I-Br vody vo vrte Klanečnica (KLK-1 – Moravské Lieskové). Manuskript–archív GS SR, Bratislava, 14 s.
- SMETANA, I., 1990: Svodín-VTB 1. Technická správa – hydrodynamika. Manuskript – archív Geol. prieskumu, Ostrava, 10 s.
- ŠPAČEK, V., BERÁNEK, J., TOMÁŠEK, J. a MARŠÁLEK, J., 1976: Proces bakteriologického loužení rud a problémy při jeho aplikaci na ložisko Smolník. Zb. referátov ZP SVTS, Železozrudné bane, n. p., závod Smolník, 44–55.
- ŠPAČEK, V., 1992: Praktické zkušenosti s technologií mikrobiologického loužení při získávání kovu z nerostných surovin. Geol. průzk. (Praha), 10, 34, 296–299.
- WERNHER, J., 1549: O podivuhodných vodách Uhorska. Martin, Vyd. Osveta, 1974, 86 s.
- ZAKOVIČ, M. et al., 1988: Geologický výskum jódo-brómových vôd vo vybraných oblastiach SSR. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 68 s.

Possible ways to extract elements and salts from natural waters in Slovakia

Summary

To define a natural water (ground and surface) potential source of elements it must contain sufficient amounts of these elements to warrant their profitable extraction under given hydrogeologic conditions and state of art of technology.

As far as the exploitation is concerned the maximum concentration of elements, or their concentration in general, represent but one of several factors, and indicates no more than a potential to exploit them from natural waters.

Other categories of conditions include:

- reserves of groundwater available for exploitation,
- technological means of extraction,
- complexity of extraction (several elements extracted as by-products, use of exploited waters as sources of geothermal energy and gases, etc.). It is interesting to note that to extract, for instance, the Br and I separately the minimum content should be 250 mg/l for the former and 18 mg/l for the latter, but to extract the two elements combined would require the minimum contents of only 200 mg/l and 10 mg/l, respectively,
- world market and prices of individual elements,
- price of an element produced by mining (i.e. from solid host), or from natural waters,
- costs spent to redress environmental impacts caused by the extraction of elements from natural waters (removal of wastes).

The above pre-conditions may be summarized within the following four basic levels with decisive role for the extraction of elements from natural waters:

- a) physico-chemical and geochemical properties of elements
- b) technology,
- c) economics,
- d) ecology.

From the above facts it follows that the conditions will depend from individual criteria, thus, we can speak practically in terms of concentration limits, or intervals, respectively. This paper uses the concentration limits of PLOCHNIEVSKI (1978).

On the basis of compiled data and criteria the following elements can be produced from natural waters: Li, Na, K, Cu, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ra, U, B, Ge, P, As, S, W, Cl, Br and I.

To date information indicates that there are potential conditions to extract lithium, strontium, iodine, bromine, boron and copper from natural waters in the Western Carpathian environments. This selection has been made on the basis of geographic, geologic and geochemic criteria and conditions. Summing up the results we can state that there is a potential in the Western Carpathian to extract locally the following elements (Fig. 1):

Lithium – potential sources are brines in Solivar (Leopold shaft), mineral waters in Luhačovice, Oravská Polhora and geothermal waters in Marcelová.

Strontium – potential sources are geothermal waters in Marcelová and in Oravská Polhora.

Boron – Cigel'ka, Kečerovské Pekl'any and Prešov areas, geothermal waters of the Láb-Malacky and Šaštín elevations.

Iodine – potential sources are natural waters of the Vienna Basin, Danube region (Svodín area) and of the Eastern Slovakian Basin, and also the waters in the Oravská Polhora and Klanečnica areas.

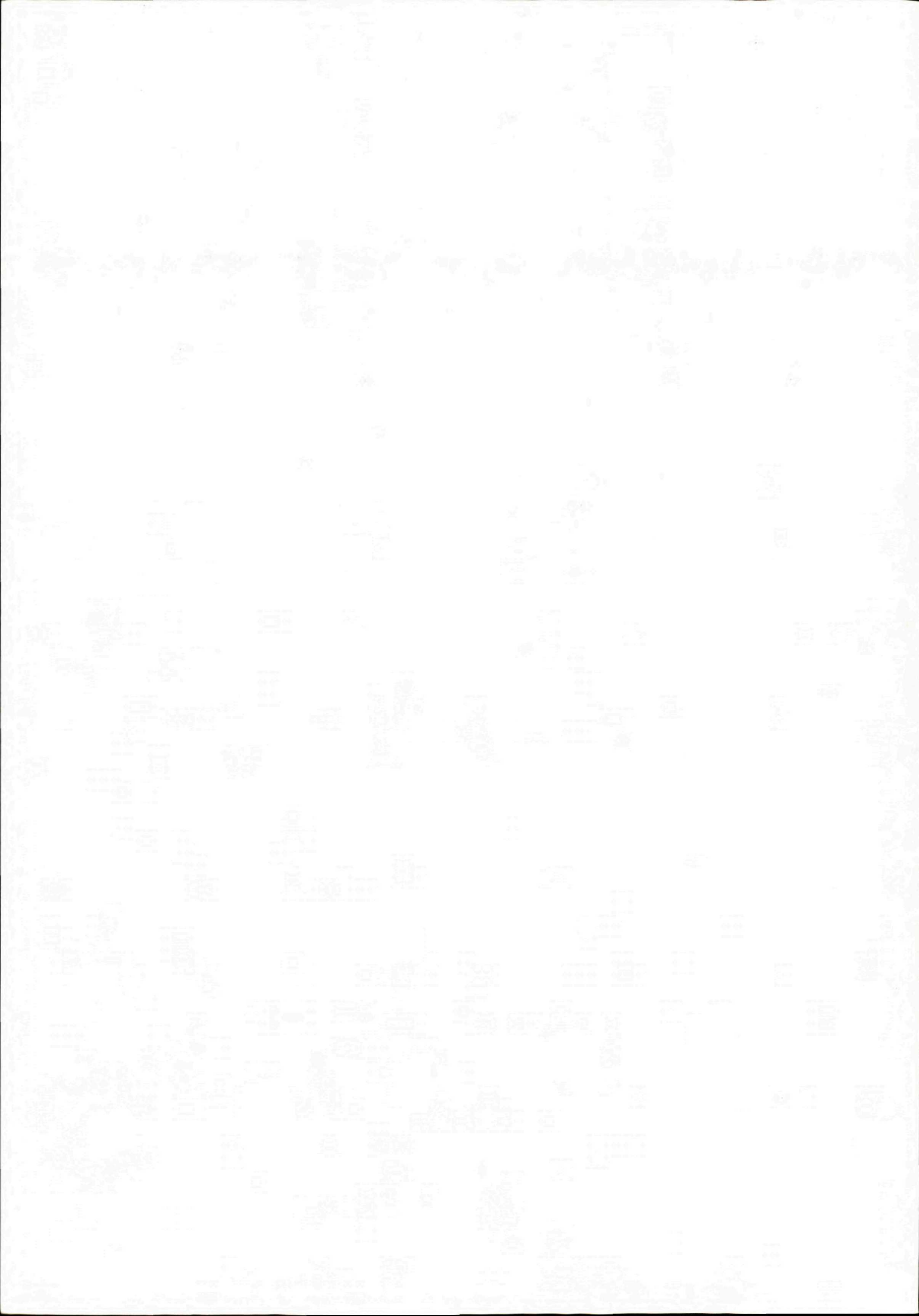
Bromine – the only potential sources are geothermal waters in the Marcelová area.

Copper – the Smolník deposit seems to be the best potential source to extract Cu from mine waters.

Neither the mine waters of the NOŠ (New dewatering gallery), the "Heritage" tunnel in Voznica and in Kremnica mines, nor in Špania dolina have potential concentrations of elements to warrant production.

Our research into existing data on natural waters of the Western Carpathians allowed to select an association of potentially extractable elements from natural waters. This is an initial study, which may become a subject of a more detailed update considering the above categories and conditions once the need arises.





ĽUBOMÍR PETRO – ERIKA POLAŠČINOVÁ

Inžinierskogeologické vlastnosti kvartérnych sedimentov v okolí Moldavy nad Bodvou

12 obr., 7 tab., angl. resumé

Kľúčové slová: Moldava nad Bodvou, kvartérne sedimenty, inžinierskogeologické vlastnosti, štatistické zhodnotenie

Abstract. The Quaternary rocks in the surroundings of Moldava nad Bodvou are represented mainly by the alluvial fan, fluvial, eolian-deluvial, deluvial, fluvio-deluvial and anthropogeneous sediments. They have large areal extent and reach a depth of 18 m at some places. In this paper the results of laboratory tests of soil samples from individual genetic types are statistically evaluated. The results confirmed frequent spatial changes of soil granularity resulting in the high variability of their engineering-geological properties.

Úvod

Širšie okolie Moldavy nad Bodvou budujú prevažne plošne rozsiahle a pomerne hrubé (18 m) kvartérne sedimenty rôznej genézy a litologicky pestré neogénne sedimenty. Cieľom tohto príspevku je podrobná charakteristika inžinierskogeologických vlastností kvartérnych sedimentov opierajúca sa o výsledky inžinierskogeologického prieskumu územia z rokov 1990–1992 (PETRO et al., 1992).

V zmysle MAZÚRA et al. (1986) územie zaberá juhozápadnú časť Košickej kotliny (obr. 1). Jeho severná časť má pahorkatinný reliéf (Medzevská pahorkatina) s priemernou sklonitosťou 2–6°, južná časť má charakter roviny (Košická rovina) s priemernou sklonitosťou 0–2°.

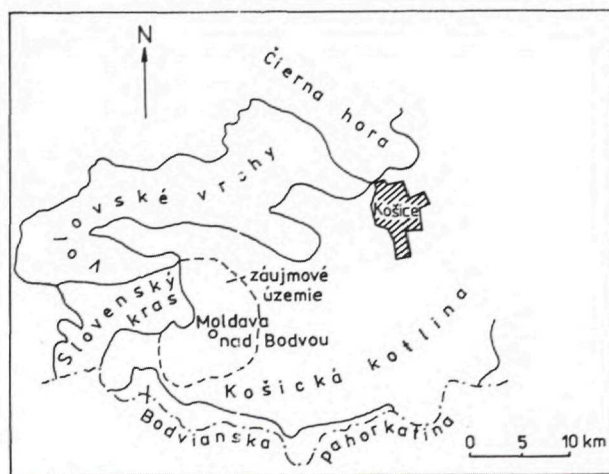
Rieka Bodva s potokom Ida, jej ľavostranným prítokom, odvodňuje celú plochu skúmaného územia. Jej priemerný ročný prietok pod ústím potoka Ida je $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Podľa pozorovaní zrážkomernej stanice v Moldave nad Bodvou (SHMÚ, 1951–1980) je priemerný ročný úhrn zrážok 655 mm.

Geologické pomery

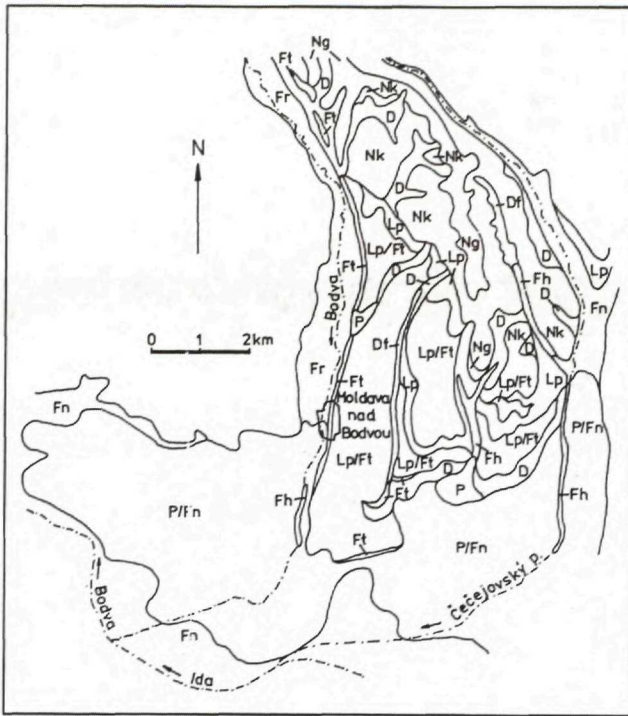
Juhozápadná časť Košickej kotliny bola v posledných rokoch predmetom záujmu geológov v súvislosti so zostavovaním základných geologických máp mierky 1 : 25 000 (PRISTAŠ et al., 1987; JANOČKO et al., 1991), resp. regionálnych máp mierky 1 : 50 000 južnej časti Košickej kotliny a Slovenských vrchov (KALIČIAK et al., 1992) a Slovenského krasu (MELLO et al., 1992). Podľa uvedených autorov sa na stavbe študovaného územia podieľajú neogénne a kvartérne sedimenty, ojedinele i mezozoické horniny. Najstaršími horninami vystupujúcimi na povrch sú stredno- až vrchnotriasové svetlé wettersteinské vápence silického príkrovu silicika

(MELLO in MELLO et al., 1992). Niekoľko ojedinelých plošne nevelkých telies týchto hornín sa nachádza v severnej časti územia.

Neogénne sedimenty sú rozšírené na celom území, avšak na povrch vychádzajú len v jeho severnej časti. Väčšinou sú zakryté kvartérnymi horninami. Povrchové výskyty neogénnych hornín sú sústredené na vrcholové časti a svahy Medzevskej pahorkatiny severne a východne od Moldavy nad Bodvou medzi dolinou Bodvy a Čečejevského potoka. Geneticky ide o horniny fluvialno-lakustrického typu. Z litologického aspektu prevažujú ilovito-prachovité sedimenty (rajón Nk, obr. 2) nad piesčito-štrkovitými (rajón Ng, obr. 2). HODER-MARSKÁ et al. (1987) a ELEČKO (in MELLO et al., 1979 a 1992) ich zaradili do poltárskeho súvrstvia (pont). KAROLI (in KAROLI et al., 1989; in JANOČKO et al., 1991; in KALIČIAK et al., 1992) ich považuje za súčasť sečovského súvrstvia (spodný panón). Piesčito-štrkovitá litofácia buduje morfológicky najvyššie položené miesta daného územia a tvorí finálnu fázu sedimentácie neogénnych hornín v tejto časti Košickej kotliny (KAROLI in JANOČKO et al., 1991). Podľa posledných výskumov JANOČKA a ŠOLTÉSOVEJ (1994) vznikli tieto hruboklastické sedimenty v prostredí kužeľovitej delty. Podrobnú charakteristiku inžinierskogeologických



Obr. 1 Geomorfologická pozícia študovaného územia (podľa MAZÚRA et al., 1986)



Obr. 2 Mapa inžinierskogeologickej rajonizácie okolia Moldavy nad Bodvou (upravené podľa PETRA et al., 1992). Nk – rajón striedajúcich sa súdržných a nesúdržných sedimentov, Ng – rajón štrkovitých sedimentov, P – rajón proluviálnych kužeľov a plášťov, Ft – rajón sedimentov riečnych terás, Fn – rajón náplavov nížinných tokov, Fr – rajón náplavov aluviálnych rovin, Fh – rajón náplavov horských tokov, Lp – rajón eolicko-deluviálnych sedimentov, D – rajón deluviálnych sedimentov, D-F – rajón deluviálno-fluviálnych sedimentov, P/Fn, Lp/Ft – kombinované rajóny.

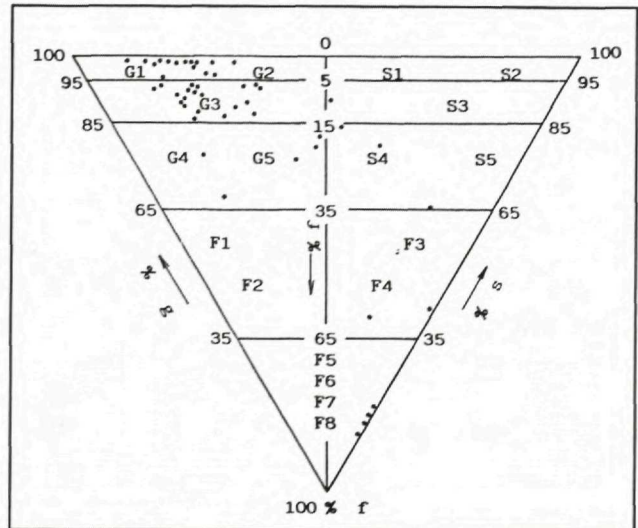
vlastností neogénnych hornín územia v regionálnom meradle nachádzame v prácach PETRO et al. (1992), resp. PETRO a POLAŠČINOVÁ (1994).

Dominantné postavenie kvartérnych sedimentov územia, čo sa týka plošného rozšírenia a hrúbky, vyvolalo potrebu ich podrobného štúdia. Distribúciu, podmienky vzniku a tektonickú porušenosť týchto hornín v ostatnom období študoval JANOČKO (1990, resp. in JANOČKO et al., 1991 a KALIČIAK et al., 1992). Ich distribúcia v plnom rozsahu odráža reliéf územia, jeho vývoj v poslednom geologickom období a typ existujúcej klímy. So znižujúcou sa energiou reliéfu ich hrúbka narastá. Maximálna vrtní overená hrúbka sedimentov presahuje 18 m. Z genetického hľadiska majú charakter proluviálneho, fluviálneho, eolicko-deluviálneho (polygenetického) a deluviálneho typu. Menej častý je deluviálno-fluviálny a antropogénny typ.

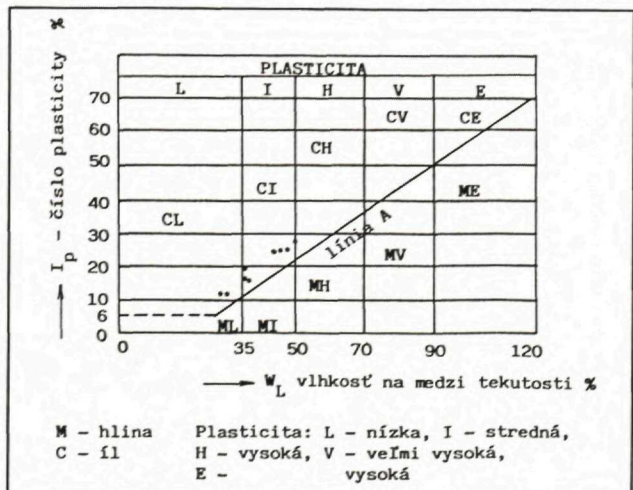
Hodnotenie inžinierskogeologických vlastností kvartérnych sedimentov

Proluviálne sedimenty (rajón P, obr. 2) reprezentujú hlavne plošne rozsiahle náplavové kužele Bodvy a Čečejevského potoka prevažne würmského veku (JANOČKO,

1990). Ležia na štrkoch dnovej výplne uvedených tokov, resp. priamo na neogénom podloží (jv. od Mokraniec). Ich hrúbka miestami dosahuje až 8,4 m. Po litologickej stránke prevládajú štrkovité zeminy nad jemnozrnnými v pomere asi 5 : 1 (tab. 1). Jemnozrnné sedimenty majú buď charakter vložiek či šošoviek v štrkoch, alebo vystupujú v ich nadloží. Tento druhý prípad je typický pre kužeľ Čečejevského potoka východne od Budulova, kde dosahujú hrúbku 1,5–4,0 m. Štrky sú polymiktne s prevažne suboválnymi okruhliakmi, drobno- až strednozrnné. V zmysle STN 73 1001 patria do triedy G3 (G-F), G2 (GP), G4–G5 (GM–GC) a G4 (GM) (obr. 3). Jemnozrnné zeminy majú podľa tej istej normy charakter ílov triedy F6 (CI, CL) a ojedinele F8 (CH) a F4 (CS) (obr. 3). Prevládajú íly so strednou plasticitou (obr. 4) a s pevnou konzistenciou (tab. 1). Podľa STN 72 1002 zaradíme zeminy do skupiny I, II, resp. VIII–IX. V zmysle STN 73 6850 ide o zeminy skupiny GP, GM, GC a CL. Rozpojiteľnosť zemín (STN 73 3050) hodnotíme triedami ťažiteľnosti 2–3.



Obr. 3 Klasifikačný diagram pleistocénnych proluviálnych sedimentov



Obr. 4 Diagram plasticity (STN 73 1001) jemnozrnných zemín pleistocénnych proluviálnych kužeľov

Podstatne menšie rozšírenie majú ílovito-štrkovité sedimenty holocénnych náplavových kuželov potokov ústiacich do doliny Bodvy, resp. priamo do Košickej roviny (východne od Mokraniec). Ich hrúbka dosahuje až 5 m. Sedimenty sú typické striedaním štrkovitej, ílomitej a piesčitej frakcie, pričom štrky sú nevytriedené. Táto skutočnosť sa odráža v značnej variabilite ich fyzikálno-mechanických vlastností. Laboratórnymi skúškami boli v zmysle STN 73 1001 zistené zeminy triedy S5 (SC), G5

(GC), F4 (CS) a F6 (CI). Jemnozrné zeminy majú charakter ílov nízkej a strednej plasticity. Podľa STN 72 1002 ide o zeminy skupiny III a VII, podľa STN 73 6850 najmä o zeminy skupiny GC a podľa STN 73 3050 o zeminy 3. triedy ťažiteľnosti.

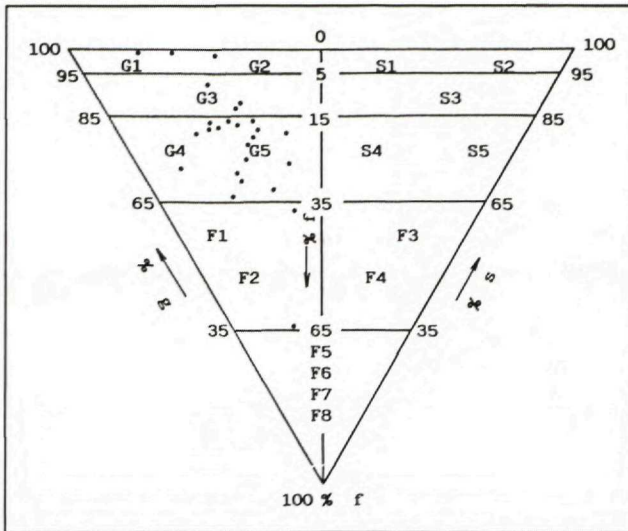
Fluviálne sedimenty (rajóny Ft, Fn, Fr a Fh; obr. 2) vypĺňajú doliny tokov, resp. zarovnané stupne po oboch ich stranách. Pleistocénneho veku sú štrkovité sedimenty medzi dolinou Bodvy a Čečejevského potoka, ktoré

Tab. 1 Fyzikálno-mechanické vlastnosti pleistocénnych proluviálnych sedimentov

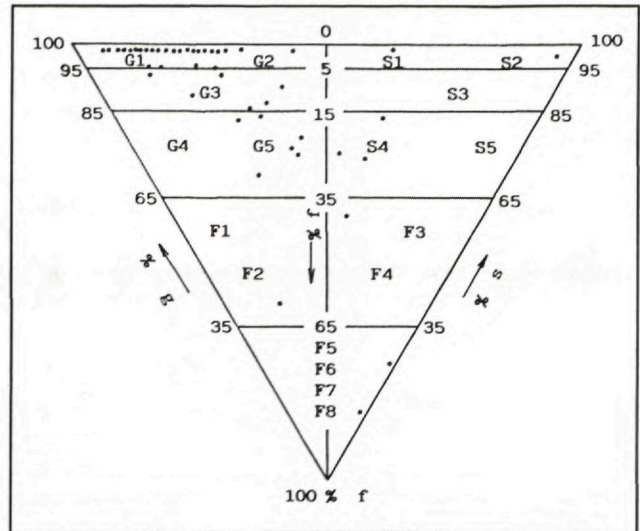
Hodnotený parameter	Štrkovité zeminy G-F, GP, GM-GC, GM				Jemnozrné zeminy CI, CL, CH, CS			
	x	x _{min}	x _{max}	N	x	x _{min}	x _{max}	N
Obsah frakcie < 0,002 mm [%]	3,2	0	19	48	21,2	7	32	10
Obsah frakcie 0,002 – 0,06 mm [%]	6,5	0	41	48	57,6	50	68	10
Obsah frakcie 0,06 – 2 mm [%]	24,8	11	54	48	21,2	13	43	10
Obsah frakcie > 2 mm [%]	64,4	11	89	48	-	-	-	-
Prirodzená vlhkosť w [%] _{uu}	15,9	9,9	23,2	5	18,7	21,7	13,4	10
Medza tekutosti w _L [%]	35,9	29,1	51,7	5	39,3	29,7	50,0	10
Medza tvárivosti w _p [%]	17,9	16,6	19,1	5	20,2	17,4	23,4	10
Číslo plasticity I _p	18,0	12,0	32,6	5	19,2	10,8	28,0	10
Stupeň konzistencie I _c	1,2	0,87	1,36	5	1,06	0,74	1,46	10
Objemová hmotnosť vlhkej zeminy ρ _N [g.cm ⁻³]	-	-	-	-	2,07	1,98	2,15	8
Merná hmotnosť ρ _s [g.cm ⁻³]	-	-	-	-	2,66	2,65	2,67	8
Pórovitosť n [%]	-	-	-	-	34,6	30,6	38,6	8
Stupeň nasýtenia S _r [%]	-	-	-	-	92,9	81,0	100,0	8
Totálny uhol vnútorného trenia φ _u [°]								
konzistencia – tuhá	-	-	-	-	21,2	-	-	1
– pevná	-	-	-	-	13,9	-	-	1
Totálna súdržnosť c _u [MPa]								
konzistencia – tuhá	-	-	-	-	0,12	-	-	1
– pevná	-	-	-	-	0,11	-	-	1
Oedometrický modul E _{oed} [MPa]								
– pre prítlačenie 0,1 [MPa]								
konzistencia – tuhá	-	-	-	-	10,5	6,5	13,3	3
– pevná	-	-	-	-	15,6	14,6	16,3	3
– pre prítlačenie 0,2 [MPa]								
konzistencia – tuhá	-	-	-	-	15,9	11,6	19,2	3
– pevná	-	-	-	-	18,1	17,7	18,6	3
– pre prítlačenie 0,4 [MPa]								
konzistencia – tuhá	-	-	-	-	14,5	10,7	18,5	3
– pevná	-	-	-	-	19,3	18,3	20,4	3

Tab. 2 Fyzikálne vlastnosti sedimentov pleistocénnych riečnych terás

Hodnotený parameter	Štrkovité zeminy G-F, GP, GM-GC, GM			
	x	x _{min}	x _{max}	N
Obsah frakcie < 0,002 mm [%]	7,83	0	37	31
Obsah frakcie 0,002 – 0,06 mm [%]	12,7	0	27	31
Obsah frakcie 0,06 – 2 mm [%]	23,7	9	34	31
Obsah frakcie > 2 mm [%]	55,7	23	85	31
Prirodzená vlhkosť w [%]	15,6	11,3	22,9	3
Medza tekutosti w _L [%]	42,2	27,6	69,0	7
Medza tvárivosti w _p [%]	19,7	16,0	28,4	7
Číslo plasticity I _p	22,1	11,6	40,6	7
Stupeň konzistencie I _c	1,3	1,14	1,44	3



Obr. 5 Klasifikačný diagram sedimentov pleistocénnych riečnych terás



Obr. 6 Klasifikačný diagram pleistocénnych sedimentov dnovej výplne väčších tokov

Tab. 3 Fyzikálno-mechanické vlastnosti sedimentov dnovej výplne väčších tokov

Hodnotený parameter	Štrkovité zeminy GP, GW, G-F				zeminy G-F, GP, GM-GC, SC+š				Jemnozrné zeminy CL, CI			
	x	x _{min.}	x _{max.}	N	x	x _{min.}	x _{max.}	N	x	x _{min.}	x _{max.}	N
Obsah frakcie < 0,002 mm [%]	-	-	-	-	5,6	1	28	28	16	10	22	2
Obsah frakcie 0,002 – 0,06 mm [%]	-	-	-	-	11,4	2	38	28	63	63	63	2
Obsah frakcie 0,06 – 2 mm [%]	21,3	6	64	50	27,1	9	45	28	21	15	27	2
Obsah frakcie > 2 mm [%]	78,7	36	94	50	56,2	26	86	28	-	-	-	-
Prirodzená vlhkosť w [%]	-	-	-	-	26,2	11,8	53,8	8	21,2	20,2	22,2	2
Medza tekutosti w _L [%]	-	-	-	-	39,7	24,5	72,0	8	39,6	32,9	46,3	2
Medza tvárливosti w _p [%]	-	-	-	-	22,4	16,7	42,2	8	20,5	20,5	20,6	2
Číslo plasticity I _p	-	-	-	-	17,0	7,8	45,2	8	19,1	12,4	25,7	2
Stupeň konzistencie I _c	-	-	-	-	0,79	0,16	1,56	8	0,94	0,86	1,02	2

JANOČKO (1990) zaradil k prvej (günz) a druhej (mindel) vysokej, resp. strednej (ris) terase Bodvy. Ich hrúbka dosahuje 6–10 m a na povrch vystupujú len zriedkavo (rajón Ft; obr. 2). Obyčajne sú zakryté eolicko-deluviálnymi sedimentmi. Litologicky sú zastúpené stredno- až hrubozrné štrky s premenlivým obsahom íloviťej a piesčitej frakcie. Štrky tvoria suboválne až oválne okruhliaky (kremeň, kremenec, xx bridlica, rohovec a pod.) s priemerom 3–4 cm, max. 25–30 cm. Podľa STN 73 1001 ide o zeminy triedy G4–G5 (GM–GC), G3 (G–F), menej G5 (GC), G2 (GP), F2 (CG) a S5 (SC+š) (obr. 5). Fyzikálne vlastnosti uvedených zemín sú v tab. 2. V zmysle STN 72 1002 ide o zeminy skupiny II, I, III, resp. V. Vhodnosť zemín na účel výstavby sypaných hrádzí (STN 73 6850) vyjadrujú skupiny GP, GW, GM a GC. Rozpojitelnosť zemín podľa STN 73 3050 hodnotíme triedou 3 a 4.

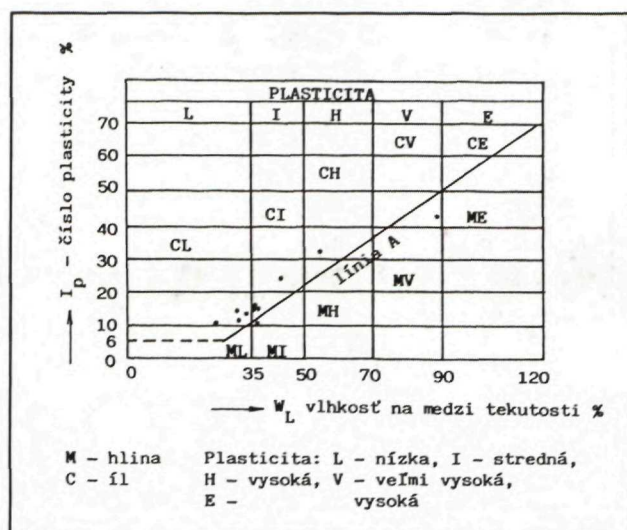
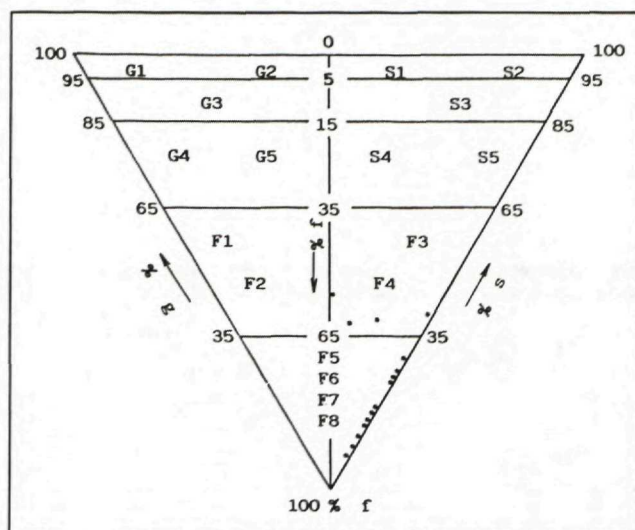
Dnovú výplň Bodvy a Čečejevského potoka tvoria až 12,2 m hrubé štrkovité sedimenty (rajóny Fr a Fn; obr. 2). Ide prevažne o hrubozrné polymiktné štrky s prímiesou piesku a ílu, stredne uľahnuté. Priemer oválnych a suboválnych okruhliakov je 2–7 cm, max. 25–30 cm. Podľa STN 73 1001 v rámci dnovej výplne tokov prevládajú zeminy triedy G2 (GP), G1 (GW) a G3 (G–F) nad zeminami triedy G4 a G5 (GM–GC) a S5 (SC+š) (obr. 6). Jemnozrné zeminy triedy F6 (CL, CI) sa vyskytujú vo forme vložiek a prepláskov len ojedinele. Fyzikálno-mechanické vlastnosti uvedených sedimentov sú v tab. 3. Vhodnosť štrkov do podlažia komunikácií (STN 72 1002) vyjadrujú skupiny I a II. Zatriedenie zemín podľa STN 73 6850 je dané skupinou GC a GP. Rozpojitelnosť štrkov vyjadrujeme podľa STN 73 3050 triedami 3 a 4.

Tab. 4 Fyzikálno-mechanické vlastnosti holocénnych povodňových sedimentov väčších tokov

Hodnotený parameter	Jemnozrné zeminý CL, CI, CS				Štrkovité zeminý CS+š, CG			
	x	x _{min}	x _{max}	N	x	x _{min}	x _{max}	N
Obsah frakcie < 0,002 mm [%]	19,4	12	31	13	14,6	13	18	3
Obsah frakcie 0,002 – 0,06 mm [%]	57,5	42	72	13	41,3	32	48	3
Obsah frakcie 0,06 – 2 mm [%]	22,4	8	40	13	25,6	15	33	3
Obsah frakcie > 2 mm [%]	-	-	-	-	18,3	10	23	3
Prirodzená vlhkosť w [%]	29,4	18,6	94,4	13	19,6	14,5	25,2	3
Medza tekutosti w _L [%]	42,7	28,9	90,8	13	33,5	31,0	36,6	3
Medza tvárivosti w _P [%]	22,9	17,0	45,4	13	18,0	17,2	18,7	3
Číslo plasticity I _P	19,7	10,8	45,4	13	15,5	13,8	17,9	3
Stupeň konzistencie I _C	0,77	-0,09	1,10	13	0,90	0,53	1,20	3
Objemová hmotnosť vlhkej zeminý ρ _N [g.cm ⁻³]	1,95	1,40	2,10	9	-	-	-	-
Merná hmotnosť ρ _S [g.cm ⁻³]	2,65	2,58	2,76	9	-	-	-	-
Pórovitosť n [%]	42,7	31,1	72,5	9	-	-	-	-
Stupeň nasýtenia S _r [%]	97,5	92,0	100	9	-	-	-	-
Totálny uhol vnútorného trenia φ _u [°]								
konzistencia – tuhá	3,8	3,7	3,9	2	-	-	-	-
– pevná	20,6	19,6	21,6	2	-	-	-	-
Totálna súdržnosť c _u [MPa]								
konzistencia – tuhá	0,037	0,02	0,063	2	-	-	-	-
– pevná	0,132	0,10	0,163	2	-	-	-	-
Oedometrický modul E _{oed} [MPa]								
– pre prítlačenie 0,1 [MPa]								
konzistencia – tuhá	10,0	6,7	12,9	4	-	-	-	-
– pevná	14,3	-	-	1	-	-	-	-
– pre prítlačenie 0,2 [MPa]								
konzistencia – tuhá	10,7	5,9	15,2	4	-	-	-	-
– pevná	18,1	-	-	1	-	-	-	-
– pre prítlačenie 0,4 [MPa]								
konzistencia – tuhá	12,5	6,7	16,7	4	-	-	-	-
– pevná	19,8	-	-	1	-	-	-	-

Tab. 5 Fyzikálno-mechanické vlastnosti sedimentov horských tokov

Hodnotený parameter	Štrkovité zeminý GM-GC,G-F+š,CS+š,SM,GC				Jemnozrné zeminý CI, MH			
	x	x _{min}	x _{max}	N	x	x _{min}	x _{max}	N
Obsah frakcie < 0,002 mm [%]	5,83	1	15	12	-	17	21	2
Obsah frakcie 0,002 – 0,06 mm [%]	23,2	5	42	12	-	60	67	2
Obsah frakcie 0,06 – 2 mm [%]	25,9	13	42	12	-	12	23	2
Obsah frakcie > 2 mm [%]	44,2	17	78	12	-	-	-	-
Prirodzená vlhkosť w [%]	17,9	15,3	20,1	3	-	28,3	32,5	2
Medza tekutosti w _L [%]	30,8	20,7	36,2	7	-	37,0	51,0	2
Medza tvárivosti w _P [%]	19,3	17,2	21,1	7	-	21,2	29,6	2
Číslo plasticity I _P	11,5	3,3	16,2	7	-	15,8	21,4	2
Stupeň konzistencie I _C	1,17	0,96	1,38	3	-	0,55	0,85	2



Obr. 7 Klasifikačný diagram holocénnych povodňových sedimentov väčších tokov

Obr. 8 Diagram plasticity holocénnych povodňových sedimentov väčších tokov

Tab. 6 Fyzikálno-mechanické vlastnosti eolicko-deluviálnych sedimentov

Hodnotený parameter	Jemnozrnne zeminy CI, CH, CL				Štrkovité zeminy MS-CS+š, CG			
	x	x _{min}	x _{max}	N	x	x _{min}	x _{max}	N
Obsah frakcie < 0,002 mm [%]	28,1	12	47	93	13,6	12	17	3
Obsah frakcie 0,002 – 0,06 mm [%]	54,9	35	73	93	27,6	20	38	3
Obsah frakcie 0,06 – 2 mm [%]	16,9	9	37	93	33,3	15	52	3
Obsah frakcie > 2 mm [%]	-	-	-	-	25,3	11	48	3
Prírodná vlhkosť w [%]	19,6	7,7	26,4	93	18,2	-	-	1
Medza tekutosti w _L [%]	46,3	30,9	71,8	93	40,8	-	-	1
Medza tvárlivosti w _p [%]	21,1	15,6	30,5	93	18,4	-	-	1
Číslo plasticity I _p	25,2	13,7	44,3	93	22,4	-	-	1
Stupeň konzistencie I _c	1,05	0,68	1,67	93	1,01	-	-	1
Objemová hmotnosť vlhkej zeminy ρ _N [g.cm ⁻³]	1,96	1,77	2,10	25	-	-	-	-
Merná hmotnosť ρ _s [g.cm ⁻³]	2,64	2,59	2,70	25	-	-	-	-
Pórovitosť n [%]	37,9	32,9	46,6	25	-	-	-	-
Obsah organických látok O _m [%]	-	-	-	-	-	-	-	-
Totálny uhol vnútorného trenia φ _u [°]								
konzistencia – tuhá	18,1	12,4	25,7	4	-	-	-	-
– pevná	17,6	10,7	22,3	6	-	-	-	-
Totálna súdržnosť c _u [MPa]								
konzistencia – tuhá	0,064	0,047	0,082	4	-	-	-	-
– pevná	0,117	0,064	0,175	6	-	-	-	-
Oedometrický modul E _{oed} [MPa]								
– pre prítlačenie 0,1 [MPa]								
konzistencia - tuhá	15,1	10,2	17,7	4	-	-	-	-
– pevná	14,9	11,9	26,6	7	-	-	-	-
– pre prítlačenie 0,2 [MPa]								
konzistencia – tuhá	15,9	9,3	21,7	4	-	-	-	-
– pevná	15,5	11,0	27,9	7	-	-	-	-
– pre prítlačenie 0,4 [MPa]								
konzistencia – tuhá	17,4	9,9	26,2	4	-	-	-	-
– pevná	22,1	14,4	39,7	7	-	-	-	-

Charakter hlavne jemnozrnných zemín majú holocénné povodňové sedimenty, zakrývajúce v doline Bodvy a Čečejevského potoka štrky dnovej výplne. Ide o íly s rôznym obsahom piesku a štrku hrúbky až 4 m. Majú prevažne tuhú konzistenciu a nízku plasticitu (tab. 4, obr. 8). V súlade s STN 73 1001 ich zaraďujeme do triedy F6 (CL, CI) a F4 (CS), len ojedinele do triedy F2 (CG) (obr. 7). Povodňové sedimenty podľa STN 72 1002 patria do skupín VII–IX, ojedinele do skupiny V. Ich vhodnosť do sypaných hrádzí (STN 73 6850) vyjadruje skupina CL. Rozpojitelnosť podľa STN 73 3050 je daná triedou ťažiteľnosti 2 (3).

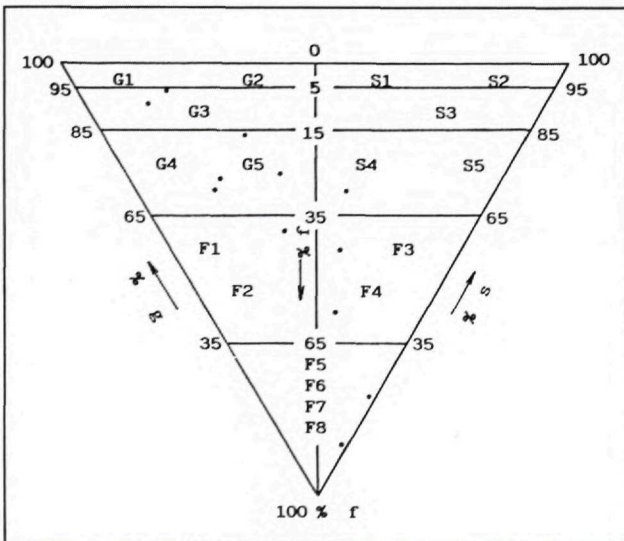
Litologicky najpestrejšiu skupinu fluviálnych sedimentov tvoria náplavy horských tokov (rajón Fh; obr. 2) a Bodvy severne od Moldavy nad Bodvou (rajón Fr; obr. 2). Prevažujú štrkovité zeminy (podľa STN 73 1001) – trieda G4–G5 (GM–GC), G3 (G–F) a G5 (GC) nad jemnozrnnými – trieda F4 (CS+š), F6 (CI) a F7 (MH) (obr. 9). Štrky sú nevytriedené, prevažne strednozrnné a dosahujú hrúbku až 5,5 m. Fyzikálno-mechanické vlastnosti uvedených sedimentov zobrazuje tab. 5. Podľa STN 72 1002 ide o skupiny zemín I–III, ojedinele VII. Vhodnosť na sypané hrádze (STN 73 6850) je vyjadrená skupinami GM a GC, rozpojitelnosť (STN 73 3050) triedami 3–4.

Eolicko-deluviálne (polygenetické) sedimenty (rajón Lp; obr. 2) majú v danom území hojné rozšírenie. Vyskytujú sa hlavne medzi dolinou Bodvy a Čečejevského potoka. Majú charakter jemnozrnných sedimentov a dosahujú hrúbku až 11,5 m. Predstavujú zrnitostne rovnorodý súbor zemín, takmer výlučne charakteru ílu strednej a vysokej plasticity (obr. 10). Majú prevažne tuhú a pevnú konzistenciu. Ojedinele obsahujú tenké polohy detritického materiálu. Súbor ich fyzikálno-mechanických vlastností vyjadruje tab. 6. Štatisticky sa podarilo s dostatočnou významnosťou preukázať korelačnú lineárnu závislosť medzi totálnym uhlom

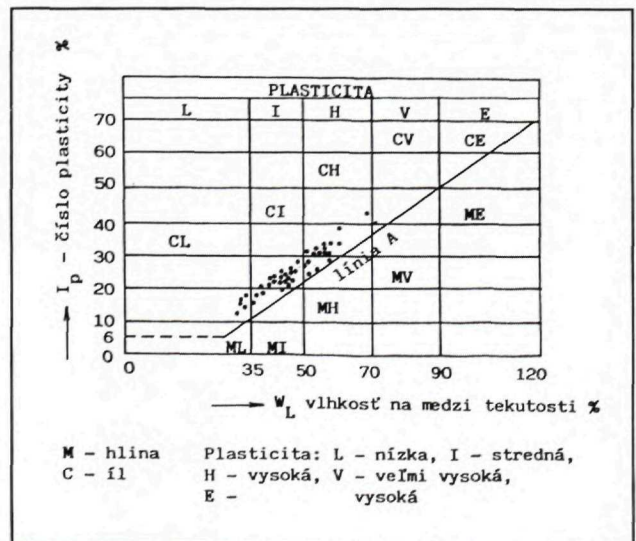
vnútorného trenia φ_u a prirodzenou vlhkosťou w (obr. 11). Podľa STN 73 1001 zaraďujeme eolicko-deluviálne sedimenty do triedy F6 (CI, CL) a F8 (CH), len ojedinele F3–F4 (MS–CS) a F2 (CG). Skupiny zemín VIII–X vyjadrujú zatriedenie podľa STN 72 1002. Vhodnosť podľa STN 73 6850 je daná skupinou CL a rozpojitelnosť triedou 2–3 (STN 73 3050).

Deluviálne sedimenty (rajón D; obr. 2) tvoria plošne rozsiahly komplex hlavne v severnej časti územia. Sú charakteristické značnou priestorovou premenlivosťou fyzikálno-mechanických vlastností prameniaca z vysokej variability ich zrnitostného zloženia. Mierne prevažujú jemnozrnné zeminy nad štrkovitými (v. a sv. časť územia) a úlomkovitými (z. a sz. časť územia). Hrúbka delúvií kolíše v intervale 1–18 m. Zo zrnitostnej analýzy a štatistického zhodnotenia súboru 95 vzoriek štrkovito-ílovitých delúvií (tab. 7, obr. 12) vychádza, že podľa STN 73 1001 prevládajú v pomere asi 3 : 2 jemnozrnné zeminy triedy F6 (CI, CL), F8 (CH, CV) a F4 (CS) nad štrkovitými triedy F4 (CS+š), F2 (CG), G5 (GC) a G4–G5 (GM–GC). Konzistencia zemín je tuhá až pevná. Vhodnosť zemín do podložia komunikácií (STN 72 1002) je vyjadrená skupinami VIII–IX, VII a zriedkavo i I. Využitie zemín podľa STN 73 6850 je dané zaradením do skupiny CL, CH, resp. GM a GC. Rozpojitelnosť podľa STN 73 3050 je daná triedami 2 a 3, menej i 4. Obdobné parametre, a teda i zatriedenie podľa uvedených noriem, majú aj úlomkovito-ílovité deluviálne sedimenty (súbor 97 vzoriek).

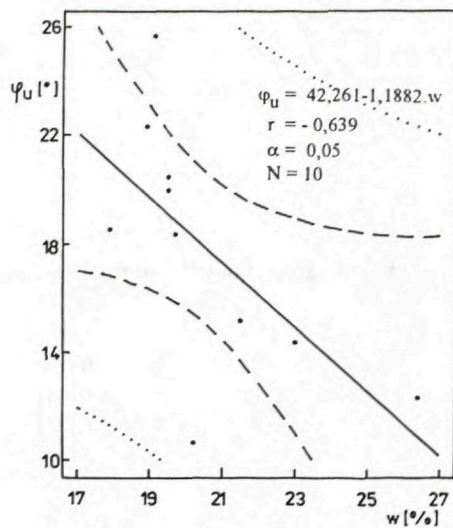
Deluviálno-fluviálne sedimenty (rajón Df; obr. 2) tvoria výplň plytko zarezaných dolín Medzevskej pahorkatiny a sú hrubé až 5,5 m. Vyznačujú sa, podobne ako delúviá, vysokou variabilitou inžinierskogeologických vlastností. Spracovaním 13 vzoriek zemín sa potvrdilo proporcionálne zastúpenie zemín bez štrku i zemín so štrkom. V zmysle STN 73 1001 ide o jemnozrnné zeminy triedy F6 (CI, CL), resp. štrkovité zeminy triedy



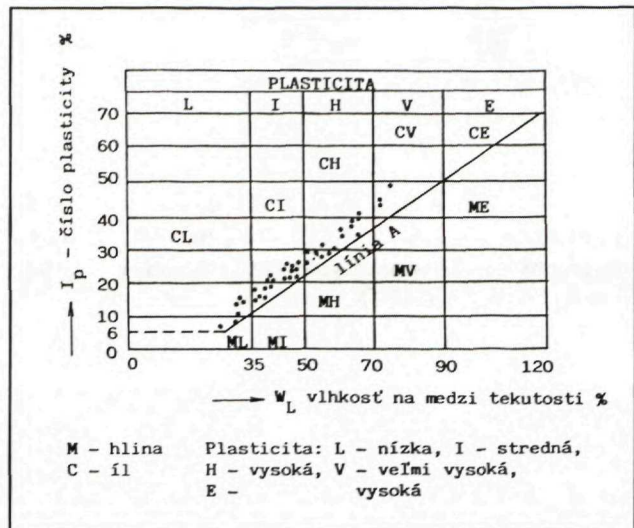
Obr. 9 Klasifikačný diagram sedimentov horských tokov



Obr. 10 Diagram plasticity eolicko-deluviálnych sedimentov



Obr. 11 Korelačná závislosť totálneho uhla vnútorného trenia φ_u [°] a prirodzenej vlhkosti w [%] colicko-deluviálnych sedimentov (r – korelačný koeficient, α – hladina významnosti korelácie, N – počet hodnôt)



Obr. 12 Diagram plasticity štrkovito-ílovitých deluviálnych sedimentov

Tab. 7 Fyzikálno-mechanické vlastnosti štrkovito-ílovitých deluviálnych sedimentov

Hodnotený parameter	Jemnozrná zemina CI, CH, CL, CV, CS				Štrkovité zemina CS+š, CG, GC, GM-GC			
	x	x_{min}	x_{max}	N	x	x_{min}	x_{max}	N
Obsah frakcie < 0,002 mm [%]	30,9	10	78	59	15,7	6	32	36
Obsah frakcie 0,002 – 0,06 mm [%]	48,2	16	66	59	27,9	11	51	36
Obsah frakcie 0,06 – 2 mm [%]	21,0	6	45	59	24,2	15	32	36
Obsah frakcie > 2 mm [%]	-	-	-	-	32,1	12	67	36
Prirodzená vlhkosť w [%]	20,3	10,4	30,8	58	15,9	8,7	30,6	30
Medza tekutosti w_L [%]	48,2	26,3	73,8	50	43,4	30,4	67,2	30
Medza tvárivosti w_p [%]	22,7	6,5	30,9	59	22,2	17,5	30,4	30
Číslo plasticity I_p	25,5	7,1	49,1	59	21,1	8,6	36,8	30
Stupeň konzistencie I_c	1,1	0,58	1,65	58	1,35	0,95	2,25	30
Objemová hmotnosť vlhkej zeminy ρ_N [g.cm ⁻³]	2,0	1,91	2,11	11	1,97	1,84	2,10	5
Merná hmotnosť ρ_s [g.cm ⁻³]	2,7	2,64	2,78	11	2,69	2,64	2,75	5
Pórovitosť n [%]	38,3	32,4	43,8	11	37,3	32,2	43,9	5
Stupeň nasýtenia S_r [%]	86,9	83,1	96,8	11	81,4	74,8	92,9	5
Totálny uhol vnútorného trenia φ_u [°]								
konzistencia – tuhá	8,5	-	-	1	-	-	-	-
– pevná	20,0	14,8	27,9	3	-	-	-	-
Totálna súdržnosť c_u [MPa]								
konzistencia – tuhá	0,067	-	-	1	-	-	-	-
– pevná	0,101	0,07	0,126	3	-	-	-	-
Oedometrický modul E_{oed} [MPa]								
– pre prítlačenie 0,1 [MPa]								
konzistencia – tuhá	9,1	-	-	1	7,2	-	-	1
– pevná	14,1	11,2	20,8	6	-	7,5	13,1	2
– pre prítlačenie 0,2 [MPa]								
konzistencia – tuhá	7,9	-	-	1	5,9	-	-	1
– pevná	17,2	12,2	20,8	6	-	12,9	19,4	2
– pre prítlačenie 0,4 [MPa]								
konzistencia – tuhá	8,9	-	-	1	6,2	-	-	1
– pevná	17,9	16,4	19,3	6	-	17,2	23,5	2

G4–G5 (GM–GC). Ojedinele sú zastúpené triedy zemín F8 (CV), F2 (CG), F4 (CS+š) a S5 (SC+š). Ich vhodnosť do podložia komunikácií je daná príslušnosťou k skupinám VIII–IX, resp. VII a I. Podľa STN 73 6850 ide o zeminy skupiny CL, resp. GM a GC. Triedy ťažiteľnosti 2 a 3 vyjadrujú ich rozpojiteľnosť podľa STN 73 3050.

Antropogénne sedimenty majú v mapovanom území pomerne významné zastúpenie. Reprezentuje ich viacero plošne nevelkých skládok odpadu s hrúbkou do 5 m. Väčšina odpadu má komunálny pôvod, jeho menšia časť pochádza z ťažobnej, priemyselnej, stavebnej i poľnohospodárskej produkcie. Časté sú prípady skládok s odpadom zmiešaných typov. Z hľadiska zloženia antropogénne sedimenty predstavujú heterogénny a silne stlačiteľný (nerovnomerne) materiál. Zakladanie na nich vyžaduje špeciálne a často nákladné opatrenia (napr. zhutňovanie, cementácie, odstránenie odpadu a pod.). Z environmentálneho hľadiska tieto sedimenty v mnohých prípadoch predstavujú potenciálny zdroj znečistenia podzemnej či povrchovej vody.

Záver

Výsledky inžinierskogeologického výskumu kvartérnych sedimentov širšieho okolia Moldavy nad Bodvou potvrdili tieto skutočnosti:

1. Kvartérne sedimenty sú dominantnými horninami daného územia, čo sa týka plošnej rozlohy i hrúbky (až 18 m). Pokrývajú podstatnú časť podložných neogénnych sedimentov. Výnimkou sú vrcholové časti pahorkatinného reliéfu severnej časti územia (obr. 2). Vznikli v období pleistocénu a holocénu a patria k týmto genetickým typom: prolúviálnemu, fluviálnemu, eolicko-deluviálnemu (polygenetickému) a deluviálnemu. Deluviálno-fluviálne a antropogénne sedimenty majú obmedzený výskyt.

2. Spoločným znakom niektorých genetických typov sedimentov kvartéru v súlade so štatistickým zhodnotením výsledkov laboratórnych skúšok je priestorová premenlivosť ich zrnitostného zloženia, odrážajúca sa vo variabilite fyzikálno-mechanických vlastností. Týka sa to deluviálnych, deluviálno-fluviálnych, holocénnych prolúviálnych sedimentov a fluviálnych sedimentov horských tokov. Vysokou heterogenitou sa vyznačujú i antropogénne sedimenty.

3. Pomerne nízkou variabilitou inžinierskogeologických vlastností, odrážajúcou nízku heterogenitu zrnitostného zloženia, sa vyznačujú hlavne eolicko-deluviálne sedimenty, fluviálne štrky dnovej výplne, terasové štrky i holocénne jemnozrnné nivné sedimenty, čiastočne aj pleistocénne prolúviálne štrky.

Fyzikálno-mechanické vlastnosti kvartérnych zemín, štatisticky zhodnotené s využitím vybraných noriem STN, možno priamo využiť pri riešení určitých praktických úloh tak v miestnom, ako aj regionálnom meradle (napr. pri navrhovaní sklonu zárezov a násypov komunikácií, posudzovaní náchylnosti územia na vznik svahových deformácií, pri výbere vhodných základových pôd a pod.). Užitočná je aj možnosť nepriameho

určovania totálneho uhla vnútorného trenia φ_u eolicko-deluviálnych sedimentov z korelačnej závislosti pomocou jednoduchého stanovenia prirodzenej vlhkosti w .

Literatúra

- HODERMARSKÁ, A., VARGA, I. a MIHALIČ, A., 1987: Kvantitatívna mineralogicko-technologická charakteristika neogénnej výplne sv. časti Rimavskej a jz. časti Košickej kotliny ako východisko prognóz keramických surovín. In: Geologická stavba Západných Karpát vo vzťahu k prognózam nerastných surovín (II. Geologické dni J. Slávika). GP Spišská Nová Ves, 405–422.
- JANOČKO, J., 1990: Kvartér Košickej kotliny a príľahlej časti Slanských vrchov. Kandid. dizert. práca. Manuskript-archív GS SR, Bratislava, 149 s.
- JANOČKO, J., KAROLI, S., JETEL, J., PETRO, L., DUBÉCIOVÁ, A., ZLINSKÁ, A. a SYČEV, V., 1991: Vysvetlivky ku geologickej mape 1 : 25 000, list 37-421 (Moldava-1) a 37-423 (Moldava-3). Manuskript-archív GS SR, Košice, 78 s.
- JANOČKO, J. a ŠOLTÉSOVÁ, E., 1994: Hruboklastické sedimenty panónu sečovského súvrstvia v moldavskej depresii (východné Slovensko). Miner. slov. (Bratislava), 26, 50–54.
- KALIČIAK, M., BAŇACKÝ, V., BODNÁR, J., JANOČKO, J., JETEL, J., KAROLI, S., PETRO, L., SPIŠÁK, Z., SYČEV, V. a ŽEC, B., 1992: Vysvetlivky ku geologickej mape 1 : 50 000 Slanské vrchy a Košická kotlina – južná časť. Manuskript-archív GS SR, Košice, 272 s.
- KAROLI, S., JANOČKO, J., PETRO, L., JETEL, J. a ŠUCHA, P., 1989: Vysvetlivky k listu 37-242 (Košice-2). Manuskript-archív GS SR, Košice, 61 s.
- MAZÚR, E., LUKNIŠ, M., BALATKA, B., LOUČKOVÁ, J. a SLÁDEK, J., 1986: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Slov. kartografia, Bratislava.
- MELLO, J., ELEČKO, M. a PRISTAŠ, J. et al., 1979: Vysvetlivky k základnej geologickej mape ČSSR 1 : 25 000, list Turňa nad Bodvou. Manuskript-archív GS SR, Bratislava.
- MELLO, J. et al., 1992: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1 : 50 000. Manuskript-archív GS SR, Bratislava.
- PETRO, L. a POLAŠČINOVÁ, E., 1994: Inžinierskogeologické vlastnosti neogénnych sedimentov v okolí Moldavy nad Bodvou. Miner. slov. (Bratislava), 26, 361–371.
- PRISTAŠ, J., ELEČKO, M., MELLO, J., ŠUCHA, P., JETEL, J. a PETRO, L., 1987: Vysvetlivky ku geologickej mape 1:25 000, list 37-414 Turnianske Podhradie-4. Manuskript-archív GS SR, Bratislava, 229 s.

Engineering geological properties of Quaternary sediments in the surroundings of Moldava nad Bodvou

Summary

Broader surroundings of the Moldava nad Bodvou town occupy SW part of the Košická kotlina depression (Fig. 1). Northern part of the area has a character of a highland with an average slope angle of 2–6°, whilst the southern part is prevalently flat with a slope angle ranging from 0 to 2°. The area with an average annual bulk precipitation of 655 mm is drained by the Bodva River.

The area is floored by clayey and sandy-gravelly fluvial-lacustrine Neogene sediments and scarce Triassic Wetterstein limestones. However, the outcrops of these rocks are scanty, which is mainly due to their being blanketed by Quaternary rocks of various origin, having a thickness of up to 18 m. They are represented by proluvial, fluvial, eolian-deluvial, deluvial, deluvial-fluvial and anthropogeneous sediments. Within the framework of engineering-geological research and laboratory testing programme a great number of samples has been analysed and statistically processes to determine their physico-mechanical properties (Table 1-7). The soils of various genetic types were evaluated using selected standards STN (Figs. 3-10 and 12). The results of examination confirmed a high degree of spatial variability in the grain size composition of deluvial, deluvial-fluvial, Holocene proluvial sediments and of fluvial sediments of mountain streams. This results, in considerable variability of their physico-mechanical properties. On the other hand, rather steady granularity have the eolian-deluvial sediments, fluvial gravels of river-bed fillings and terraces of larger streams, the Holocene fine-grained flood plain sediments and the Pleistocene proluvial gravels.

The above knowledge of Quaternary sediments can be used to solve practical problems on both local, and regional scale (for instance to design the slope angles of cuts and/or embankments of roads, to assess the susceptibility of an area to slope deformations, and the like).

Explanations to figures and tables

Fig. 1 Location of the area studied with marked morphological units (after MAZUR et al., 1986)

Fig. 2 The map of engineering geological zoning for the surroundings of Moldava nad Bodvou. Adapted from PETRO et al. (1992). Nk – zone of alternating cohesive and non-cohesive sediments, Ng – zone of gravelly sediments, P – zone of alluvial fans (proluvial) sediments, Ft – zone of river terrace sediments, Fn – zone of lowland streams sediments, Fr – zone

of flood plain sediments, Fh – zone of mountain streams sediments, Lp – zone of eolian-deluvial sediments, D – zone of deluvial sediments, D-F – zone of fluvio-deluvial sediments, P/Fn, Lp/Ft – combined zones.

Fig. 3 Classification diagram for Pleistocene alluvial fans sediments

Fig. 4 Plasticity chart (according to Slovak standard STN 73 1001) for fine-grained Pleistocene alluvial fan soils

Fig. 5 Classification diagram for Pleistocene river terraces sediments

Fig. 6 Classification diagram for river bottom accumulations of Pleistocene age

Fig. 7 Classification diagram for Holocene flood sediments

Fig. 8 Plasticity chart of Holocene flood sediments

Fig. 9 Classification diagram for mountain streams sediments

Fig. 10 Plasticity chart for eolian-deluvial sediments

Fig. 11 Correlation between total internal friction angle φ_u [°] and natural moisture content w [%] of eolian-deluvial sediments (r – correlation coefficient, α – correlation significance level, N – number of values)

Fig. 12 Plasticity chart for deluvial sediments - gravels and clays

Tab. 1 Physico-mechanical properties of Pleistocene alluvial fan sediments

Tab. 2 Physico-mechanical properties of Pleistocene river terrace sediments

Tab. 4 Physico-mechanical properties of flood sediments

Tab. 5 Physico-mechanical properties of mountain streams sediments

Tab. 6 Physico-mechanical properties of eolian-deluvial sediments

Tab. 7 Physico-mechanical properties of gravelly-clayey deluvial sediments

ADRIENA ZLINSKÁ

Mikrofauna vranovského súvrstvia z vrtu BB-1 (Byšta, Východoslovenská nížina)

1 obr., 2 fototabuľky, nemecké resumé

Kľúčové slová: Východoslovenská nížina, stredný bádén, vranovské súvrstvie, foraminifery

Abstrakt. A study of foraminiferal associations found at depths between 2.6 and 63.5 m in the drill hole BB-1 situated SE of the Byšta spa resulted in identifying the Vranov Formation of Middle Badenian age. The autochthonous association of agglutinated forms is bound to euhaline water (mineralization - 30-45 ‰). The foraminifers lived in litoral to shallow neritic environments.

S cieľom získania kompletnejšieho litologického profilu kryštalinika zemlinika, bol jv. od kúpeľov Byšta realizovaný vrt BB-1 hlboký 650 m (VOZÁR et al., 1986, obr. 1).

V nadloží byštianskeho súvrstvia (76,3–645,6 m, VOZÁROVÁ, 1991) je vyvinutý stredný bádén – vranovské súvrstvie (VASS a ČVERČKO, 1985), mikrofau-nisticky doložený faunou foraminifer.

Na vyhodnotenie obsahu mikrofosilií bolo z vrtu BB-1 študovaných 9 vzoriek z hĺbkového rozpätia 2,6–63,5 m. Foraminiferové asociácie získané z výplavov sú redep-onované, pričom najväčšie zastúpenie majú neogénne a paleogénne formy, sporadicky sa objavujú aj kriedové (globotrunkány). Ich určovanie je sťažené tým, že schránky sú rekryštalizované, deformované a miestami pyritizované. V pseudoasociácii za pôvodné možno po-važovať neogénne foraminifery, ostatné sú preplavené.

Autochtónna asociácia, ktorá je reprezentovaná hlavne bentóznymi druhmi s aglutinovanou schránkou, je vplyvom miestneho transportu sčasti poškodená. K najhojnejšie vyskytujúcim sa druhom patria: *Bathysiphon taurinensis* SACCO, *Hyperammia* sp., *Repmanina charoides* (J.-P.), *Haplophragmoides periferocavata* SUBB., *Haplophragmoides fragilis* HOEGLUND, *Haplophragmoides* sp., *Cyclammia* aff. *complanata* CHAPM., *Cyclammia vulchoviensis* VENGL., *Cyclammia pleschakovi* PISHV., *Spiroplectinella* (= *Spiroplectamina*) *carinata* (ORB.), *Textularia gramen* ORB., *Ammobaculites agglutinans* (ORB.), *Cribrostomoides kjurendagensis* MOROZ., *Dorothia* sp. a *Gaudryina scabra* BRADY.

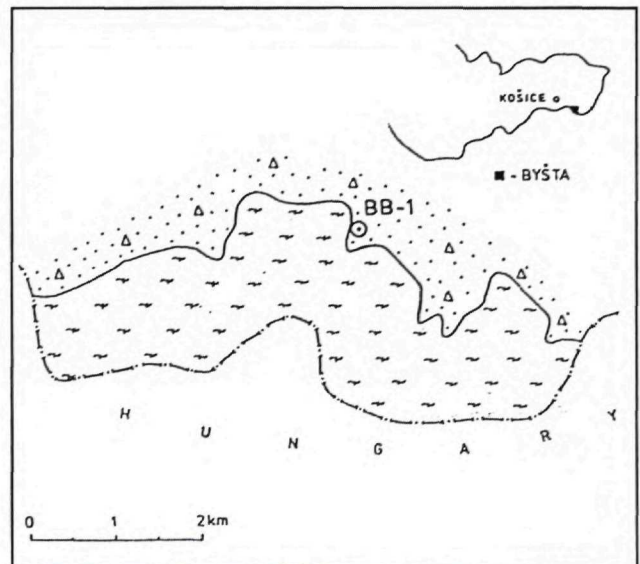
Sprievodný vápnný bentos je zastúpený hlavne druhmi: *Valvulineria complanata* (ORB.), *Elphidium crispum* (L.), *Praeglobobulimina ovata* (ORB.), *Bulimina elongata elongata* ORB., *Uvigerina* ex gr. *semiornata* ORB., *Uvigerina* ex gr. *venusta* FRANZ., *Pappina* ex gr. *bononiensis* FORN., *Chilostomella ovoidea* RSS., *Globulina gibba* ORB.

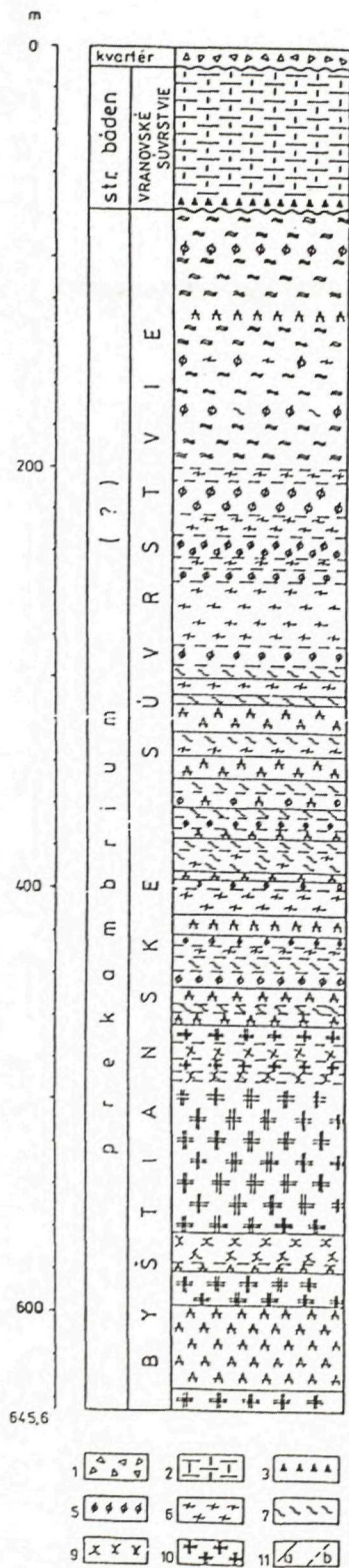
Neogénny planktón je vzácné zastúpený rodom *Globigerina* (*G. concinna* RSS. a *G. praebulloides* BLOW).

Uvedená asociácia aglutinovaných foraminifer indikuje mikrofau-nistickú zónu vieliča – *Spiroplectamina carinata* (GRILL, 1941).

V zmysle litostratigrafického členenia neogénu Východoslovenskej nížiny podľa VASSA a ČVERČKA (1985) sedimenty zodpovedajú vranovskému súvrstviu.

Prítomné aglutinácie sa ekologicky viažu na vodu s celkovou mineralizáciou 30–45 ‰ (euhalinná voda). Životným prostredím foraminifer bol sublitorál až plytké neritikum.





Obr. 1 Schematický litologický profil vrtu BB-1 (zost. podľa VOZÁROVÁ, VOZÁR a VASS in VOZÁR et al., 1986)

1 - kvartér: hliny; 2-3 vranovské súvrstvie (stredný bádén): 2 - vápnité ílovice, ílovice s laminami prachovcov; 3 - vulkanicko-sedimentárne silicity; 4-10 byštianske súvrstvie (prekambrium - ?st. paleozoikum): 4 - mylonity, blastomylonity; 5 - biotitové ruly; 6 - sillimanitovo-biotitové ruly; 7 - biotitovo-amfibolitové ruly; 8 - amfibolity; 9 - migmatizované amfibolity a amfibolitové ruly; 10 - migmatity; 11a - ostrá hranica; 11b - pozvoľná hranica; 12 - uhlová nesúhlasnosť

Záver

Štúdiom vzoriek z vrtu BB-1 (Byšta) bolo z hĺbky 2,6–63,5 m na základe foraminifer dokázané vranovské súvrstvie (VASS a ČVERČKO, 1985). Pôvodnú asociáciu tvoria aglutinované foraminifery euhalinného morského prostredia, typické pre stredný bádén (obsah soli 30–40 ‰).

Literatúra

- GRILL, R., 1941: Stratigraphische Untersuchungen mit Hilfe von Mikrofaunen im Wiener Becken und benachbarten molasse-Anteilen, Oel u. Kohle (Berlin), 37, 595–602
 VASS, D. a ČVERČKO, J., 1985: Litostratigrafické jednotky neogénu Východoslovenskej nížiny, Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 82, 111–126.
 VOZÁR, J. et al., 1986: Vyhodnotenie vrtu BB-1 (Byšta). Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
 VOZÁROVÁ, A., 1991: Petrológia hornín kryštalinika zemplníka, Západ. Karpaty, Sér. Mineral., Petrogr., Geochém., Metalogen. (Bratislava), 14, 7–59.

Die Mikrofauna der Vranov-Schichtfolge aus der Bohrung BB-1 (Byšta, Ostslowakische Ebene)

Zusammenfassung

Mit der Hilfe vom elektronischen Mikroskop JSM-840 waren aus der Bohrung BB-1 (SO von Byšta) die Foraminifere-assoziationen aus den Tiefen 2,6–63,5 m studiert worden. Dieses Intervall repräsentiert die *Spiroplectamina carinata*-Biozone (GRILL, 1941) des Mittelbadeniens – Vranov-Schichtfolge (VASS und ČVERČKO, 1985).

Die Foraminifere-assoziationen weisen auf eine euhaline Sedimentation im einen Sublitoral bis seichten Neritikum.

Vysvetlivky k fototabulkám:

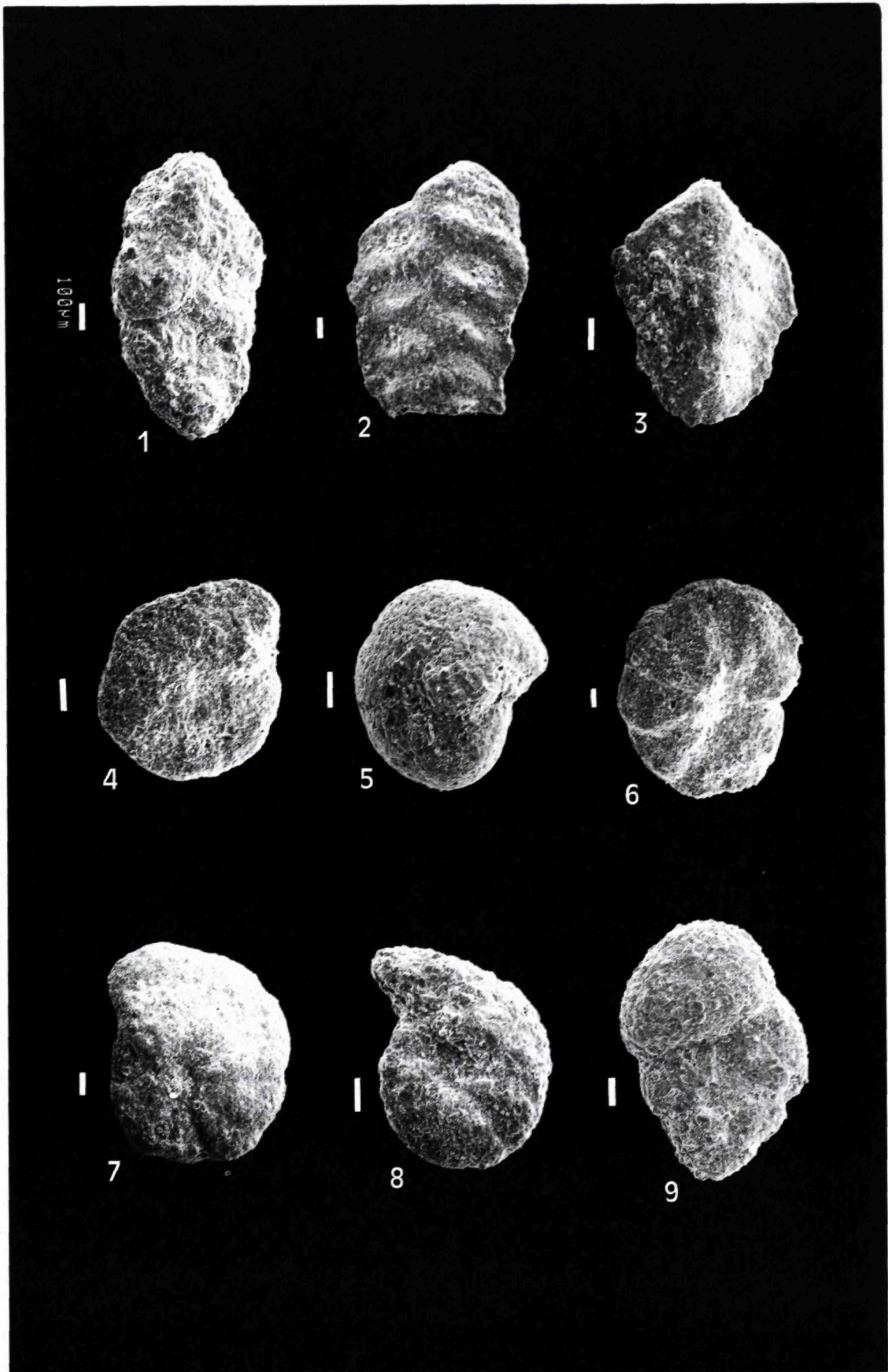
Fototab. I

- 1 *Gaudryina scabra* BRADY
- 2–3 *Spiroplectinella carinata* (ORB.)
- 4 *Haplophragmoides* sp. (cf. *H. fragilis* HOEGLUND)
- 5 *Cyclammina pleschakovi* PISHV.
- 6–7 *Cyclammina* aff. *complanata* CHAPMAN
- 8 *Cyclammina* sp.
- 9 *Textularia gramen* ORB.

Fototab. II

- 10–11 *Valvulineria complanata* (ORB.)
- 12 *Chilostomella ovoidea* RSS.
- 13–14 prechodná forma od *Uvigerina semiornata* ORB. k *Uvigerina venusta* FRANZ.
- 15 *Globulina gibba* ORB.
- 16–17 *Repmantina charoides* (J.–P.)
- 18 *Hyperammina* sp.

Snímky sú vyhotovené elektrónovým riadkovacím mikroskopom JSM-840, dĺžka úsečky pri všetkých exemplároch zodpovedá 100 µm, operátor K. Horák.





IVAN FILO – ZUZANA SIRÁŇOVÁ

Tomášovské vrstvy – nová litostratigrafická jednotka podtatranskej skupiny

6 obr., 1 tab., 2 fotogr.

Kľúčové slová: vnútrokarpatský paleogén, Hornádska kotlina, litológia, petrografia, biostratigrafia, stratotyp

A b s t r a c t. The Tomášovce Member represents an up to 150 m thick complex, composed of alternating fine-grained sandstones and siltstones (texturally and mineralogically immature lithic greywackes, less arkosic greywackes and sublithic arenites), with pyrite concretions and scarce intercalations of medium-grained carbonatic arenites and fine-grained petromict conglomerates. Their sources were sedimentary, volcano-sedimentary and low-metamorphosed Triassic and Paleozoic sequences of the Slovenské rudohorie Ore Mountains and the Nízke Tatry Mts. They contained hydrophilous tropical flora (predominantly angiospermous plants), euryhaline neritic macrofauna (with predominating bivalves) and benthic foraminifers. As a part of the Podtatranská (Subtratic) Group they represent the uppermost member of the Borové Formation of the Hornádska and Šarišská vrchovina uplands, dating back to Priabonian - Lower Oligocene (predominantly the youngest Priabonian). Their name was borrowed from the village of Spišské Tomášovce and the stratotype locality is in the Ďurkovec quarry.

Potreba doplniť členenie podtatranskej skupiny (GROSS, KÖHLER a SAMUEL, 1984) o novú litostratigrafickú jednotku vyplynula z výsledkov geologického mapovania vnútrokarpatského paleogénu, uskutočneného kolektívom pracovníkov GÚDŠ v Hornádskej kotline (FILO et al., 1994) a v Šarišskej vrchovine (KAROLI et al., 1994).

Historický prehľad

Prvé zmienky o pieskovcoch s odtlačkami rastlín a makrofauny z okolia Radačova (dnes súčasť Radatic) jz. od Prešova pochádzajú od HAZSLINSZKÉHO (1852), neskôr sa flórou z tejto lokality zaoberali MICZYNSKI (1891) a STAUB (1891). V 50.–70. rokoch nášho storočia opisovali pieskovcovo-prachovcovú litofáciu v nadloží bazálnych zlepcov paleogénu na s. okraji Slovenského rudohoria rôzni autori pod rôznymi názvami: kremité bridlice a pieskovce (ILAVSKÝ, PRIECHOVSKÁ a PECHO, 1956); pieskovce žipovsko-radačov-

ského pásma (CHMELÍK in MATĚJKA et al., 1964); vrchná časť (resp. člen) bazálnej transgresívnej litofácie (MARSCHALCO, 1966; MARSCHALCO, GROSS a KALAŠ, 1966; GROSS, PAPŠOVÁ a KÖHLER, 1973); pieskovce s morskou faunou (MARSCHALCO, 1970). Neformálne bola táto litofácia označovaná ako radačovská séria, radačovský vývoj, resp. radačovské pieskovce (SITÁR, 1965; POLÁK et al., 1992). Kartograficky ju čiastočne vymedzili LEŠKO (1958) a MARSCHALCO (in MAHEL et al., 1963, in FUSÁN et al., 1967) v Hornádskej kotline.

Geografické rozšírenie

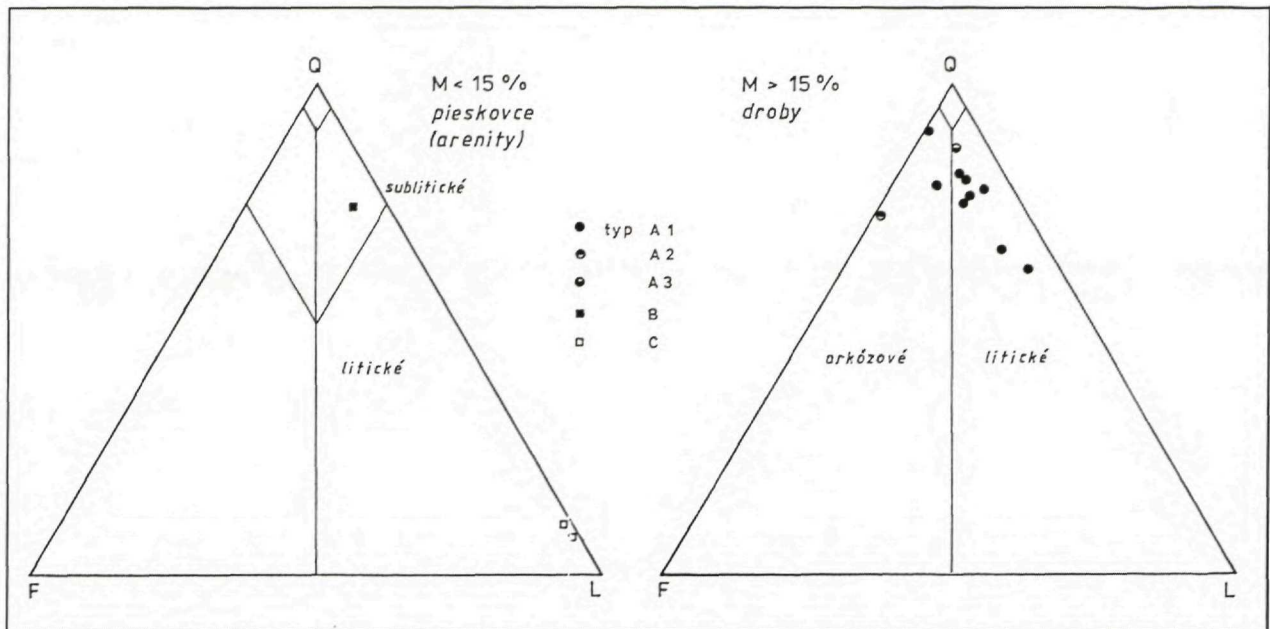
Táto litostratigrafická jednotka sa nachádza v južnej časti Hornádskej kotliny a Šarišskej vrchoviny, rudimentárne na okrajoch príľahlých pohorí (Nízke Tatry, Spišsko-gemerský kras, Volovské vrchy, Branisko, Čierna hora).

Pomenovanie

Tomášovské vrstvy sú pomenované podľa obce Spišské Tomášovce (okr. Spišská Nová Ves) v Hornádskej kotline.

Litológia a petrografia

Tomášovské vrstvy predstavujú do 150 m hrubý komplex, tvorený alternujúcimi pieskovcami a prachovcami s veľmi zriedkavými polohami drobnozrnných petromiktných zlepcov (v zmysle KUKALA, 1985). Pieskovce sú doskovité až lavicovité, jemnozrnné (zriedkavo strednozrnné), premenlivo vápnité, homogénne. Sporadicky sa vyskytuje nevýrazné gradačné zvrstvenie (normálne a inverzné). Nepravidelne bridličnatý rozpad prachovcov (na viacerých miestach aj vrchných horizontov pieskovcových vrstiev) je podmienený čerinovou lamináciou, zriedkavejšia je paralelná laminácia. Charakteristické sú hojné pyritové (zväčša limonitizované) konkrécie, okrové a čierne povlaky oxidov Fe a Mn na puklinách a vrstvových plochách, odtlačky



Obr. 1 QFL diagramy pieskocov tomášovských vrstiev (PETTJOHN, POTTER a SIEVER, 1972)

Tab. 1 Percentuálne zloženie a základné parametre pieskocov tomášovských vrstiev

Lokalita Číslo vzorky	Profil Spišské Tomášovce					H	ST	S	S	SNV	M	O	J	V
	ST3	ST8	ST18	ST22	ST37	36	146	184	243	308	517	531	543	674
zákl. hmota	51,3	-	50,2	50	44,3	37,4	49,6	45,4	-	53,4	37,5	44,7	-	34,4
tmel	7,7	31,8	10,2	11	8,9	-	12,5	11,1	29	3,5	20,6	13,1	6	-
kremeň	24,2	3,6	25	29,1	29,4	43,5	21,4	24,2	4,8	22,8	17,3	24,7	56,5	48,4
silicity	-	2,3	-	-	-	-	-	1,1	2,4	-	1,8	-	3	1,3
kremence	2,2	-	1,8	1,5	1,4	-	-	-	-	1,8	7,2	3,6	4,8	-
pieskovce	-	-	0,7	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	-
karbonáty	3,3	59,1	2,9	-	1,4	-	9,3	7,4	59,4	1,1	2,5	3	-	-
metamorfity	-	-	1,5	-	1,8	-	1,8	1,5	1,9	4,3	3	1,8	14,7	4,8
krem. porfýry	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1	-
granitoidy	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-
živce	2,9	-	3,7	3,3	5	15,3	1,8	3	-	2,1	3,2	2,2	5,1	3,2
muskovit	2,5	-	2,2	1,8	2,1	2,7	2,5	1,9	-	4,6	4,7	2,5	1,5	2,4
biotit	-	-	0,7	0,7	-	-	-	1,1	-	1,1	-	-	4,5	4
uhol'ná drvina	2,2	-	-	-	2,5	-	-	1,1	-	5,3	2,2	1,8	1,8	1,3
org. zvyšky	3,7	3,2	1,1	2,6	3,2	-	1,1	1,1	2,4	-	-	2,5	-	-
Md zrnitosti	0,09	0,35	0,08	0,07	0,09	0,13	0,08	0,08	0,25	0,07	0,1	0,19	0,18	0,08
stupeň opracovania	2-3	4	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	1-2	4-5	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3
Q	80,9	9,1	75,3	90,2	79,1	72,6	62,5	66	10,6	76,7	75,3	80,4	74,6	86
F	9	-	10,3	9,8	12,7	25,5	5,2	7,8	-	6,7	9,3	6,2	5,9	5,6
L	10,1	90,9	14,4	-	8,2	1,9	32,3	26,2	89,4	16,7	15,5	13,4	19,5	8,4
typ, varieta	A1	C	A1	A1	A1	A2	A1	A1	C	A1	A1	A1	B	A3

H – Hranovnica, ST – Spišské Tomášovce, S – Smižany, SNV – Spišská Nová Ves, M – Markušovce, O – Odorín, J – Jamník, V – Vítkovce

zvyškov rastlín a makrofauny. Horniny sú obvykle silne zvetrané, nepravidelne kúskovito rozpadavé, hrdzavohnedej až žltohnedej farby, len lokálne (predovšetkým na čerstvo odstrelených blokoch v kameňolome Spišské Tomášovce–Ďurkovec) vidno ich pôvodné tmavosivé sfarbenie a miestami lastúrovitý lom. V rámci sukcesie možno v smere do nadložia pozorovať znižovanie hrúbky pieskovcových vrstiev a postupnú zmenu pomeru oboch alternujúcich zložiek od výraznej prevahy pieskovcov v spodnej časti k prevaha prachovcov vo vrchnej.

Mikroskopicky možno pieskovce (z úseku Hranovnica – Vítkovce) zdeliť k 3 základným typom (obr. 1):

A – jemnozrné litické (menej arkóзовé) droby, prevažne vápňité, s Md zrnitosti 0,07–0,19 mm a stupňom opracovania zŕn 2–3 (v šesťstupňovej škále LEEDERA, 1982). V rámci tohto typu možno rozlíšiť 3 variety:

A1 – s karbonátovo-ílovitou základnou hmotou (37,5–53,4 %), kalcitovým tmelom (3,5–20,6 %), s obsahom kremeňa 17,3–29,4 %, živcov 1,8–5 % a výraznou prevahou muskovitu nad biotitom. Z hornín prevažujú karbonáty (do 9,3 %) nad metamorfity (do 4,3 %), sporadicky sú prítomné pieskovce. Priemerné zloženie tejto najrozšírenejšej variety, ktorá v úseku Spišské Tomášovce – Odorin charakterizuje tomášovské vrstvy, uvádzame na kruhovom diagrame (obr. 2).

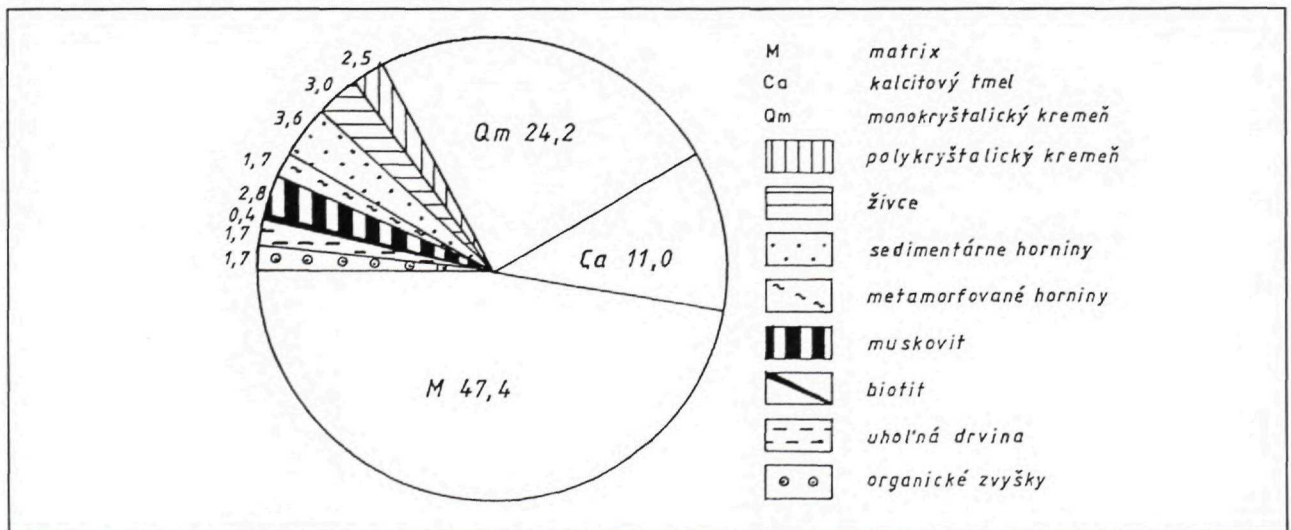
A2 – s podstatne vyšším obsahom kremeňa (43,5 %) a najmä živcov (15,3 %), s ílovitou základnou hmotou, vzniknutou do istej miery rozkladom živcov. Táto varieta sa vyskytuje v z. časti Hornádskej kotliny, v nadloží petromiktných zlepcov a pieskovcov "nekarbonátového litotypu" borovského súvrstvia s. s. (FILO et al., 1994).

A3 – s kremito-muskoviticko-ílovitou základnou hmotou, so zvýšeným obsahom kremeňa (48,4 %) a metamorfítov (4,8 %) a s prevahou biotitu nad muskovitom (z okolia Vítkoviec), z nadložia hrubozrných pieskovcov s obliakmi kremeňa a šošovkami zlepcov (chrastianske vrstvy v zmysle FILA et al., 1995).

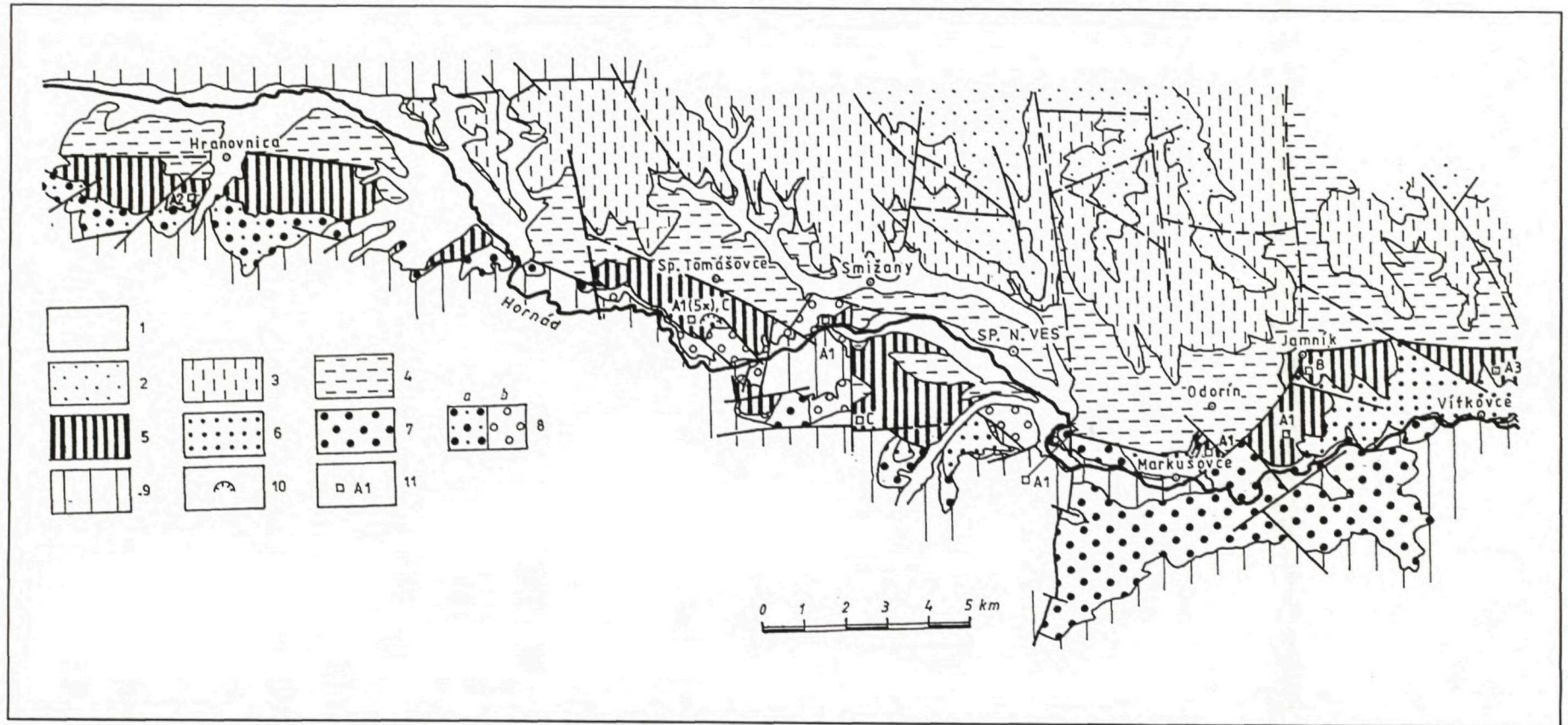
B – jemnozrný sublitycký arenit s kremenným tmelom, vyšším obsahom kremeňa (56,5 %) a metamorfítov (14,7 %), s kremennými porfýrmi a prevahou biotitu nad muskovitom (Md zrnitosti 0,18 mm, opracovanosť 2–3°) z Jamníka. Tento typ vykazuje (až na neprítomnosť základnej hmoty) značnú podobnosť s variétou A3, s ktorou ho spája aj spoločný výskyt v nadloží chrastianskych vrstiev.

C – strednozrné karbonátové arenity, vápňité, bez základnej hmoty, s vysokým obsahom kalcitového tmelu (29–31,8 %), s výraznou prevahou karbonátov (59,1 až 59,4 %) nad kremeňom (3,6–4,8 %), bez slúd, s Md zrnitosti 0,25–0,35 mm a opracovanosťou 4–5° (tab. 1). Tento typ (jediný, ktorý možno odlišiť aj makroskopicky) tvorí polohy vo variete A1 v nadloží vápencových zlepcov a piesčitých vápencov (karbonátový litotyp borovského súvrstvia s. s.) v úseku Spišské Tomášovce – Smižany.

Vzhľadom na vysoký obsah základnej hmoty, slabú opracovanosť zŕn a značný podiel úlomkov nestabilných hornín možno pieskovce tomášovských vrstiev hodnotiť ako štruktúrne a mineralogicky nezrelé. Z priestorového rozmiestnenia jednotlivých typov a variet je zjavná závislosť ich zloženia od výskytu rôznych litofácií borovského súvrstvia v ich bezprostrednom podloží (obr. 3). Spoločným znakom je hojný výskyt kremenných zŕn s vysokým koeficientom elongácie (10–15), naznačujúcim primárny zdroj kremeňa z metamorfovaných, tektonicky deformovaných sérií. Vzhľadom na zloženie pieskovcov a celkovú geologickú situáciu možno pôvod klastického materiálu tomášovských vrstiev hľadať v sedimentárnych, vulkanicko-sedimentárnych a epimetamorfovaných sekvenciách triasu a paleozoika (hronika, silicika a gemerika) v priestore dnešného Slovenského rudohoria a východnej časti Nízkych Tatier. Materiál sa do tomášovských vrstiev dostával vyplavovaním jemnejšej frakcie z príbrežných litofácií borovského súvrstvia (jednak z transgresívnych – karbonáty, pieskovce, vulkanity triasu a permu, jednak z deltových a fluvialných – metamorfity, kremenné porfýry, väčšina kremeňa).



Obr. 2 Priemerné percentuálne zloženie pieskovcov tomášovských vrstiev – varieta A1



Obr. 3 Schematická geologická mapa strednej časti Hornádskej kotliny (podľa FILA et al., 1994, 1995)

1 – kvartérny pokryv; 2, 3 – zuberské súvrstvie s. l. (2 – "kežmarské vrstvy", 3 – zuberské súvrstvie s. s.); 4 – hutianske súvrstvie; 5–8 – borovské súvrstvie s. l. (5 – tomášovské vrstvy, 6 – "chrastianske vrstvy", 7 – "markušovské vrstvy", 8 – borovské súvrstvie s. s.: a – "nekarbonátový litotyp", b – "karbonátový litotyp"); 9 – predterciérne podložie; 10 – kameňolom Ďurkovec; 11 – petrografické analýzy pieskocov tomášovských vrstiev s označením typu, resp. variety

Paleontológia a stratigrafia

Flórou z okolia Radačova sa zaoberali už v 19. storočí HAZSLINSZKY, MICZYNSKI, STAUB a ETTINGSHAUSEN (in MATĚJKA et al., 1964, in ANDRUSOV, 1965). Z novších zbierok uvádzajú NĚMEJC (1960, 1961, 1967) a SITÁR (1965) tropické, značne vlhkomilné spoločenstvá prevažne celistvookrajových foriem, zaradované NĚmejcom do eocénu (s možným presahom do mladšieho paleocénu, resp. staršieho oligocénu), Sitárom (s prihliadnutím na vek nadložných súvrství, datovaných mikrofaunisticky) do stredného, resp. nižšej časti mladšieho eocénu [nahosemenné: *Pinus* sp., *Araucarites sternbergii* ETTINGSH.; krytosemenné: *Magnolia* cf. *amplifolia* HEER, *Dryophyllum* ex gr. *curtillense* SAP. et MAR., *D. ex gr. dewalquei* SAP. et MAR., *Castanopsis* sp., *Pasania* sp., *Quercus drymeja* UNG., *Q. furcinervis* ROSSM., *Q. lonchitis* UNG., *Q. neriifolia* A. BR., *Ficus insignis* ETTINGSH., *F. jynx* UNG., *F. cf. fracta* VELEN., *Cinnamomum lanceolatum* (UNG.) HEER, *C. polymorphum* A. BR., *C. scheuchzeri* HEER, *Laurus phoebooides* ETTINGSH., *L. tetrantheroides* ETTINGSH., *L. cf. affinis* VELEN., *Andromeda protogaea* UNG., *Apocynophyllum radaciense* MICZYNSKI, A. ex gr. *neriifolium* HEER, *Banksia* ex gr. *dillenioides* ETTINGSH., *B. ex gr. heringiana* ETTINGSH., *B. ex gr. longifolia* ETTINGSH., *B. ex gr. ungeri* ETTINGSH., *Dryandroides* ex gr. *crenulata* HEER].

Prvé nálezy lastúrníkov z okolia Radačova pochádzajú od HAZSLINSZKÉHO (1852). V 2. polovici 20. storočia sa makrofaunou tomášovských vrstiev zaoberali VOLFOVÁ (1961, 1962, 1963a, 1963b, 1964) a GROSS, PAPŠOVÁ a KÖHLER (1973). Uvádzajú stopy po lezení červov, ulitníky (*Turritella sulcifera paucicarinata* LUK., *T. sulcifera paucicostata* LUK., *Fusus* sp., *Clavilithes* sp.), veľké množstvo lastúrníkov [*Nucula* sp., *Lucina bipartita* (DEFR.), *L. (Lucinoma?) saxorum* LAMK., *Miltha (Pseudomiltha) gigantea* DESH., *Corbis* sp., *Tellina* sp., *Abra* sp., *Siliqua* sp., *Cardium cingulatum angustisulcatum* KOENEN, *C. cf. aralense* ABICH, *Nemocardium* sp., *Crassatella* cf. *plicata* SOW., *Cyrena forbesi* DESH., *Cyprina* cf. *ustjurtensis* ILJINA, *Isocardia* sp., *Veneridae*, *Dosiniopsis* sp., *Meretrix incrassata* SOW., *M. striatissima* BELLARDI, *M. villanove* DESH., *Pitar (Callista) laevigata* LAMK., *P. (C.) suberycinoides* DESH., *P. (C.) sulcataria* DESH., *P. (C.) cf. deltoidea* (LAMK.), *P. (C.) cf. heberti* (DESH.), ?*Marcia* sp., *Pectunculus* cf. *jacquoti nobilis* GÜMBEL, *Anomia* sp., *Pecten arcuatus* (BROCCHI), *Chlamys incurvatus sokolovi* (KLJUŠNIKOV), *Ch. subtripartita* (ARCH.), *Ch. cf. subimbricata* (MÜNSTER), *Ch. cf. verneuilli* (Stuck.), *Pseudamussium* sp., *Lima* sp., *Spondylus* sp., *Ostrea gigantea* SOLANDER, *O. cf. cyathula* LAMK., *Gryphaea brongniarti* (BRONN.), *Modiolus incompta* ROVERETO, *M. cf. rutimeyeri* MAYER, *Thracia bellardii* PICTET, *T. cf. edwardsi* DESH., *Pholadomya puschi* GOLDFUSS, *Teredo* sp., *Panope heberti* BOSQUET, *P. cf. indigena* MAYER-EYMAR, *Corbula* sp.], ojedinelé hlavonožce [*Aturia* cf. *ziczac* (SOW.)], kraby, ježovce (?*Echinocyamus* sp.), zuby žralokov a šupiny rýb (*Clupea* sp.). Autori označujú spoločenstvo za neritické (s prímiesou litorálnej

tanatocenózy) s prevahou euryhalinných foriem a zaradujú ho do eocénu (-?oligocénu).

Vo výbrusoch pieskocov (varieta A1 a typ C) z úseku Spišské Tomášovce – Odorín sa nachádzajú drobné úlomky koralinných rias, bentózne dierkavce (miliolidy, lagenidy, rotalidy, aglutinancie) a úlomky lastúrníkov. Spoločenstvo je plytkomorské, niestej stratigrafickej pozície (?najmladší priabón – starší oligocén; KÖHLER, pers. com.).

Vzhľadom na uvedené skutočnosti (eocénna flóra bez arktoterciérnych foriem, eocénno-?oligocénna makrofauna, foraminifery ?najmladšieho priabónu – staršieho oligocénu), ako aj s prihliadnutím na vek nadložného hutianskeho súvrstvia (mladší priabón – starší oligocén – SAMUEL in FILO et al., 1994, resp. starší oligocén – SAMUEL in GROSS et al., 1995) je možné tomášovské vrstvy zaradiť do najmladšieho priabónu s možnými presahmi do staršieho oligocénu, resp. nižšej časti priabónu.

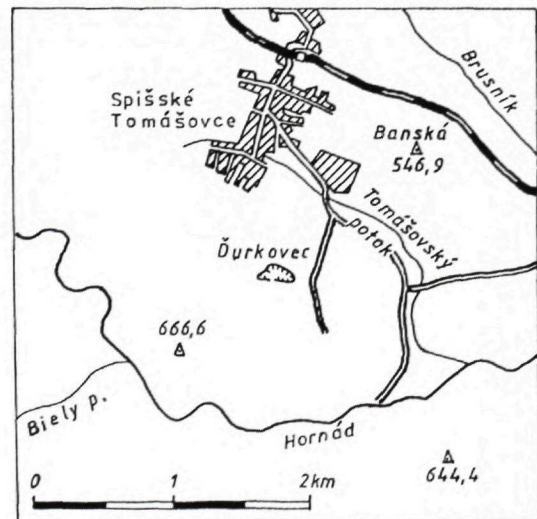
Ohraničenie

S podložnými hrubodetritickými litofáciami borovského súvrstvia (najmä s nekarbonátovým litotypom, na viacerých miestach aj s chrstianskymi vrstvami) sú tomášovské vrstvy späté niekoľko metrov hrubými prechodnými zónami, tvorenými postupným zjemňovaním klastickej zložky; lokálne je však ohraničenie ostré, sprevádzané náhlou granulometrickou, resp. litologickou zmenou (predovšetkým oproti karbonátovému litotypu).

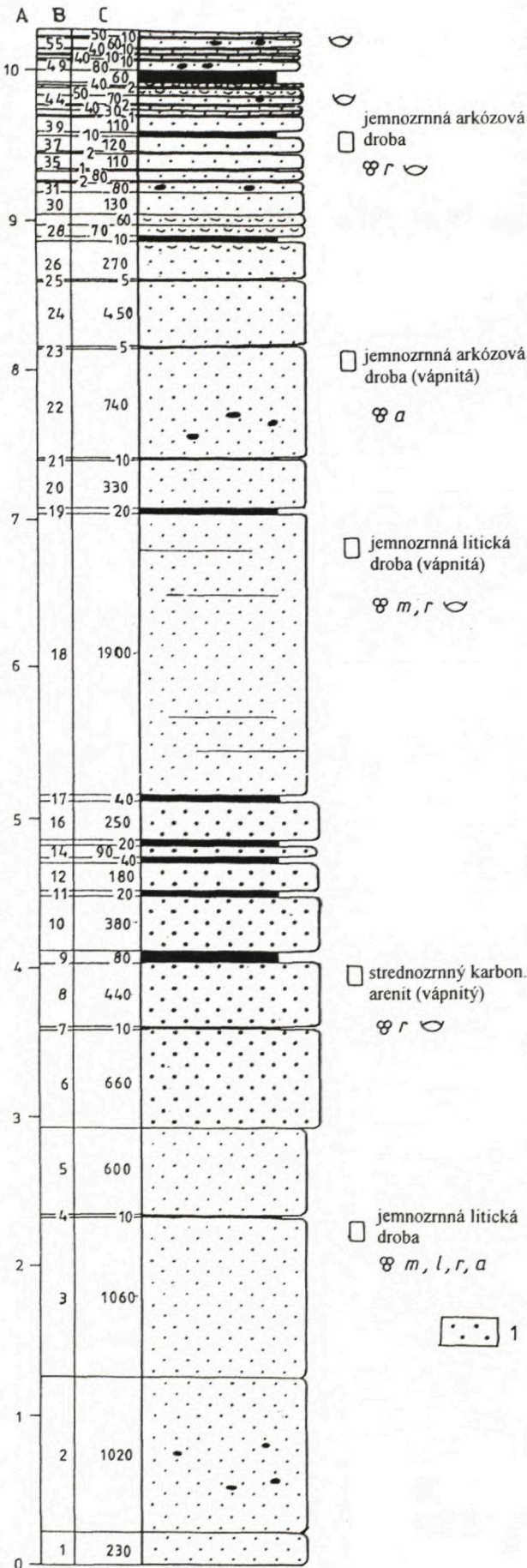
Do nadložného ílovcového hutianskeho súvrstvia prechádzajú tomášovské vrstvy postupným ubúdaním piesčitej frakcie na úkor íloviťej základnej hmoty. Prechodný horizont silne piesčitých ílovcov a prachocov je hrubý 1–2 m.

Stratotypová lokalita

Stratotypovou lokalitou tomášovských vrstiev je kameňolom Ďurkovec, 1 km j. od Spišských Tomášovíc (obr. 4).



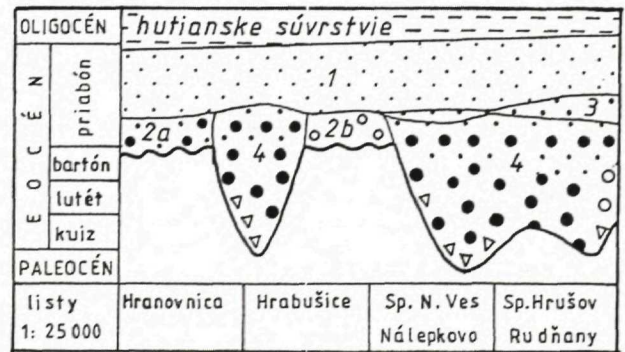
Obr. 4 Lokalizácia kameňolomu Ďurkovec, stratypovej lokality tomášovských vrstiev



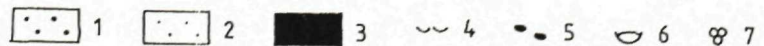
Profil je situovaný v jz. stene lomu (foto. 1). Okrem jemno- a strednozrných pieskocov a prachocov, zachytených profilom (obr. 5) sa v lome (vo vrchnej časti s. steny) nachádza aj 0,75 m hrubá lavica drobnozrného karbonátového zlepenca a hojné jednotlivé obliaky svetlých vápencov (zriedkavejšie aj sivých cukrových dolomitov) veľkosti 6–50 mm, polozaoblené až zaoblené, utopené v základnej piesčitej hmote, pozorovateľné najmä na rozsiahlych vrstvových plochách pieskocov, vytvárajúcich jednotlivé etáže lomu. Horniny sú prestúpené pravidelným systémom tenkých kalcitových žiliek (ϕ 2 mm) smeru SZ–JV (140°) a S–J (175°); kuriozitou lokality sú však niekoľko metrov dlhé, úzke, do 2 m hlboké dutiny, vytvorené na menej výraznom puklinovom systéme smeru SV–JZ (35° ; foto. 2).

Záver

Tomášovské vrstvy predstavujú štruktúrne a mineralogicky nezrelé sedimenty neritickej zóny, geneticky späté s príbrežnými (transgresívnymi a deltovými) fáciami. V rámci členenia podtatranskej skupiny ich chápeme ako najvyšší člen borovského súvrstvia (obr. 6), regionálne rozšírený v Hornádskej kotline a Šarišskej vrchovine. Stratigrafické rozpätie: priabón–starší oligocén, predovšetkým najmladší priabón.



Obr. 6 Stratigrafická kolónka borovského súvrstvia Hornádskej kotliny
1 - tomášovské vrstvy; 2 - borovské súvrstvie s. s. (a - "nekarbonátový litotyp", b - "karbonátový litotyp"); 3 - "chrastianske vrstvy"; 4 - "markušovské vrstvy"



Obr. 5 Stratotypový profil tomášovských vrstiev (kameňolom Spišské Tomášovce–Ďurkovec)
A - celková hrúbka [m]; B - poradové čísla vrstiev; C - hrúbka jednotlivých vrstiev [mm]; 1 - strednozrné pieskocve; 2 - jemnozrné pieskocve; 3 - prachocve; 4 - čerinová laminácia; 5 - pyritové konkrécie; 6 - lastúrniky; 7 - foraminifery (m - miliolidy, l - lagenidy, r - rotalidy, a - aglutinancie)



Foto 1 Stratotypový profil tomášovských vrstiev (kameňolom Spišské Tomášovce – Ďurkovec)



Foto 2 Dutiny v pieskovech tomášovských vrstiev, vytvorené na puklinách smeru SV–JZ (kameňolom Ďurkovec)

Podakovanie

Autori ďakujú RNDr. E. KÖHLEROVI, CSc., za nezištné mikrofaunistické vyhodnotenie výbrusového materiálu; doc. RNDr. A. VOZÁROVEJ, DrSc., za konzultácie petrografických problémov, RNDr. P. GROSSOVI, CSc., a RNDr. M. POTFAJOVI, CSc., za cenné recenzné pripomienky.

Literatúra

- ANDRUSOV, D., 1965: Geológia československých Karpát III. Bratislava, Vyd. Slov. Akad. Vied.
- FILO, I., MAGLAY, J., MELLO, J., VOZÁR, J., JETEL, J., RAKOVÁ, J., SAMUEL, O., SIRÁNOVÁ, Z. a SNOPKOVÁ, P., 1994: Vysvetlivky ku geologickým mapám 1 : 25 000, listy: M-34-113-B-a Hranovnica, M-34-113-B-b Hrabušice, M-34-114-A-a Spišská Nová Ves. Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
- FILO, I., MELLO, J., MAGLAY, J., SIRÁNOVÁ, Z., ŠIRÁNOVÁ, V., JETEL, J. a KOVÁČIK, M., 1995: Vysvetlivky ku geologickým mapám 1 : 25 000, listy Spišská Nová Ves, Spišský Hrušov, Nálepko, Rudňany. Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
- FUSÁN, O., BEŇKA, J., BIELY, A., GROSS, P., GUBAČ, J., HANÁČEK, J., HANZEL, V., MARSCHALCO, R., PECHO, J., REGÁSEK, F., ROJKOVIČ, I. a SNOPKO, L., 1967: Štruktúrno-stratigrafický výskum paleozoika, list Spišská Nová Ves 1 : 50 000. Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
- GROSS, P., ĎURKOVIČ, T., JETEL, J., KOVÁČIK, M., SAMUEL, O., ŽECOVÁ, K. a TUNYI, I., 1995: Vysvetlivky ku geologickej mape 1 : 25 000, listy: Ľubické kúpele, Torysky, Levoča a Jablonov. Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
- GROSS, P., KÖHLER, E. a SAMUEL, O., 1984: Nové litostratigrafické členenie vnútrokarpatského paleogénu. Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 81, 103–117.

- GROSS, P., PAPŠOVÁ, J. a KÖHLER, E., 1973: Sedimentológia a stratigrafia vrchnej časti bazálnej litofácie centrálno-karpatského paleogénu od Šarišskej vrchoviny po Liptovskú kotlinu. Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
- HAZSLINSZKY, F., 1852: Das Thal der Schwinka bei Radács im Sároser Comitate, südöstlich von Eperies. Jb. K.-Kön. geol. Reichsanst. (Wien).
- ILAVSKÝ, J., PRIECHODSKÁ, Z. a PECHO, J., 1956: Poznámky ku geológii a tektonike flyša Spišskej kotliny. Geol. Práce, Zpr. (Bratislava), 8, 151–161.
- KAROLI, S., JANOČKO, J., JETEL, J., SPIŠÁK, Z., SAMUEL, O., RAKOVÁ, J. a ĎURKOVIČ, T., 1994: Vysvetlivky k mape paleogénu na listoch 1 : 25 000, listy M-34-115-A-a, 115-A-b, 115-A-c, 115-A-d, 103-C-c. Manuskript–archív GS SR, Bratislava.
- KUKAL, Z., 1985: Návod k pojmenovaniu a klasifikaci sedimentů. Praha, Ústř. Úst. geol.
- LEEDER, M. R., 1982: Sedimentology, Process and Product. London, Allen and Unwin.
- LEŠKO, B., 1958: Prehľad geológie paleogénu južnej časti Levočského pohoria a príľahlých kotlin. Geol. Práce, Zpr. (Bratislava), 12, 14–26.
- MAHEL, M., BAJANÍK, Š., BEŇKA, J., GROSS, P., HANÁČEK, J., KALAŠ, L., KLINEC, A., KULLMANOVÁ, A., KULLMAN, E., MARSCHALCO, R. a VOZÁR, J., 1963: Základný geologický výskum a mapovanie v M 1 : 25 000 a 1 : 50 000, spojený s edíciou máp v M 1 : 50 000, list M-34-113-13 Hranovnica. Manuskript–archív GS SR, Bratislava.
- MARSCHALCO, R., 1966: Geológia a sedimentológia flyšových okrajových litofácií centrálnych Karpát (Šarišská hornatina). Sbor. geol. Vied, Západ. Karpaty (Bratislava), 5, 7–102.
- MARSCHALCO, R., 1970: Výskum sedimentárnych textúr, štruktúr a paleoprúdová analýza bazálnych formácií (paleogén centrálnych Západných Karpát sev. od Spišsko-gemerského rudohoria). Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol. (Bratislava), 19, 129–163.
- MARSCHALCO, R., GROSS, P. a KALAŠ, L., 1966: Paleogén a kvartér Hornádskej kotliny. Geol. Práce, Zpr. (Bratislava), 39, 95–104.
- MATĚJKA, A., BUDAY, T., BŘEZINA, J., CÍCHA, I., ČECHOVIČ, V., ČTYROKÝ, P., DORNIČ, J., ELIÁŠ, M., FUSÁN, O., HANZLÍKOVÁ, E., CHMELÍK, F., KUTHAN, M., KVITKOVIČ, J., MARSCHALCO, R., MAZÚR, E., NEMČOK, J., PORUBSKÝ, A., PESL, V., SLÁVIK, J., STRÁNIK, Z., ŠVAGROVSKÝ, J., a ZORKOVSKÝ, B., 1964: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000, M-34-XXII M-34-XXVIII Zborov–Košice. 1. Ed. Kodym, O., Bratislava, Ústř. Úst. geol., 254 s.
- MICZYNSKI, K., 1891: Über einige Pflanzenreste von Radacs bei Eperies, Comitatus Sáros. Mitt. Jb. Ung. geol. Anst. (Budapest), 9.
- NĚMEJC, F., 1960: Paleobotanické výzkumy ve východoslovenském třetihorním útvaru. Manuskript – archív Ústř. Úst. geol., Praha.
- NĚMEJC, F., 1961: Paleobotanicko-stratigrafické výzkumy v širší oblasti Košicka, konané r. 1959. Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), 26, 203–206.
- NĚMEJC, F., 1967: Paleofloristické studie v neogénu Slovenska. Sbor. nár. Muzea (Praha), 23 B, 1–32.
- PETTJOHN, F. J., POTTER, P. E., a SIEVER, R., 1972: Sand and Sandstones. 1. Ed., Berlin, Springer.
- SITÁR, V., 1965: Zpráva o veku terciérnych sedimentov Breznianskej kotliny na základe makroflóry. Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
- STAUB, M., 1891: Etwas über die Pflanzen von Radács bei Eperies. Mitt. Jb. Ung. geol. Anst. (Budapest), 9.
- VOLFOVÁ, J., 1961: Predbežná zpráva o makrofaunistickom vyhodnotení niektorých lokalít centrálného paleogénu. Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
- VOLFOVÁ, J., 1962: Makrofauna centrálného paleogénu východného Slovenska. Geol. Práce, Zoš. (Bratislava), 63, 93–97.
- VOLFOVÁ, J., 1963a: Predbežná zpráva o makrofaune na listoch Spišská Nová Ves a Gelnica (1 : 50 000). Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
- VOLFOVÁ, J., 1963b: Závěrečná zpráva o makrofaune na liste Hranovnica (1:50 000). Manuskript–archív GS SR, Bratislava.
- VOLFOVÁ, J., 1964: Ročná zpráva o predbežných makropaleontologických výskumoch na liste Spišská Nová Ves. Manuskript – archív GS SR, Bratislava.

The Tomášovce Member - A new lithostratigraphic Unit of the Subatric Group

Summary

The Tomášovce member represents an up to 150 m thick complex, composed of alternating fine-grained sandstones and siltstones, with intercalations of fine-grained petromict conglomerates. The sandstones are bench- to slab-like, fine-grained, locally medium-grained, variably calcareous and homogeneous. Indistinct gradational bedding has been observed sporadically, the irregular shaly breakdown is controlled by ripple marl lamination. Their characteristic features are abundant pyrite concretions, ochre and black patinas of Fe and Mn oxides and the plant and macrofauna imprints. The rocks are usually weathered, thus, they break into irregular pieces and have rusty-brown to yellow-brown colour and their original dark-grey colour and conchoidal fracture can only seldom be observed.

The thickness of the sandstone formation decreases upwards while the ratio of two alternating components changes gradually from sandstone, predominating in the lower, to siltstone, predominating in the upper part of the succession.

The Tomášovce member contacts the underlying coarse-detritic lithofacies of the Borové Formation by a few meters thick transitional zone, made of a fining-upward clastic component; however, the boundary is locally sharp, accompanied by a sudden granulometric, or lithological change, respectively. The Tomášovce member passes into the overlying claystone of the Huty Formation by a gradual decrease of sandy component on account of the clayey matrix. A transitional horizon of strongly sandy claystones and siltstones is 1-2 m thick.

In macroscopic terms the sandstones can be divided into three basic types (Fig 1):

A - fine-grained, lithic (less arkosic) greywackes, predominantly calcareous, with grain size ranging between 0.07 and 0.19 mm and with the degree of reworking of 2-3. 3 varieties of this type can be distinguished:

A1 - with carbonate - clayey matrix (37.5-53.4 %) calcite cement (3.5-20.6 %), quartz /17.3-29.4%), feldspar (1.8-5%) and with muscovite distinctly predominating over biotite. Carbonate rocks prevail over metamorphics, while sandstones occur only sporadically.

A2- with substantially higher content of quartz (43.5%), but mainly of feldspars (15.3%), with clayey matrix (Fig 2).

A3 - with siliceous-muscovitic-clayey matrix, with increased contents of quartz (48.4%) and metamorphic rocks, with biotite prevailing over muscovite.

B - fine-grained sublithic arenite with quartzic matrix, higher content of quartz (56.5%) and metamorphics (14.7%), with quartz porphyries and biotite prevailing over muscovite (grain size Md 0.18 mm, reworking 2-3)

C - medium-grained carbonatic arenites, limy, with high contents of calcite cement (29-31.8%), carbonates significantly predominating (59.1-59.4%) over quartz (3.6-4.8%), with grain size Md 0.25-0.35 and reworking 4-5 (Table 1).

Spatial distribution of individual types and varieties of the Tomášovce member sandstone and its composition indicate that in their immediate underlier there exist relationships to various facies of the Borové Formation (Fig 3). Their common sign - the occurrence of abundant quartz grains with high elongation coefficient suggests that its precursors were metamorphic, tectonically deformed series. Their sources were sedimentary, volcano-sedimentary and epi-metamorphosed Triassic and Paleozoic sequences of the Slovenské rudohorie Ore Mountains and of the eastern part of the Nízke Tatry Mts.

The flora of Tomášovce member has been studied by HAZSLINSZKY (1852), MICZYNSKI (1891), STAUB (1891), ETTINGSHAUSEN (in MATÉJKA et al., 1964, in ANDRUSOV 1965), later by NĚMEJC (1960, 1961, 1967) and by SITÁR, (1965). These authors reported Eocene tropical, hydrophyllous associations, composed predominantly of angiospermous plants (genera *Dryophyllum*, *Quercus*, *Ficus*, *Cinnamomum*, *Laurus*, *Apocynophyllum*, *Banksia* etc).

The first macrofauna finds, made by HAZSLINSZKY (1852), were later studied by VOLFOVÁ (1961, 1962, 1963a 1963b, 1964) and by GROSS, PAPŠOVÁ & KÖHLER (1973). They reported neritic, euryhaline Eocene association (Oligocene?), represented by worm burrows, conches, dominant bivalves (genera *Lucina*, *Cardium*, *Meretrix*, *Pitar*, *Chlamys*, *Ostrea*, *Modiolus*, *Thracia*, *Pholadomya*, *Panope* etc.), scarce cephalopoda, crabs, urchins, shark teeth and fish scales.

Fragments of coralline algae and benthic foraminifers (miliolids, lagenids, rotalids, agglutinates) of the uppermost Priabonian-Lower Oligocene (KÖHLER pers comm.) have also been observed in thin sections.

The stratotype locality for the Tomášovce member occurs in the Ďurkovec quarry, 1 km S of the Spišské Tomášovce village (Fig.4, Photo 1). Apart from fine- and medium-grained sandstones and siltstones, depicted in the section (Fig.5), there occurs a bed in the quarry of a 0.75 m thick fine-grained carbonatic conglomerate and abundant pebbles of pale limestones and grey "sugary" dolomites, 6-50 mm across, semirounded to rounded, all merged in the sandy matrix. The up to 2 m deep crevasses (Photo 2), are crosscut by thin calcite veinlets (average thickness of 2 mm) striking NW-SE, N-S and NE-SW.

The Tomášovce member is represented by texturally and mineralogically immature neritic zone sediments, associated genetically with the litoral (transgressive and delta) facies.

As a part of the Podtatranská (Subatric) Group they represent the uppermost member of the Borové Formation (Fig. 6) of Priabonian - Lower Oligocene (predominantly the youngest Priabonian) age and their regional outcrop is in the Hornádska kotlina depression and the Šarišská vrchovina upland.

Explanations to the figures and table

Fig. 1 QFL diagrams for Tomášovce member (PETTIJOHN, POTTER, SIEVER, 1972) sandstones

Fig. 2 Average composition of the Tomášovce member sandstones - A1 variety

Fig. 3 Schematic geologic map of central part of Hornádska kotlina depression (after FILO et al., 1994, 1995) 1 - Quaternary cover; 2, 3 - Zuberec Formation s. l. (2 - "Kežmarok member", 3 - Zuberec Formation s. s.); 4 - Huty Formation; 5-8 - Borové Formation s. l. (5 - Tomášovce member, 6 - "Chrast' member", 7 - "Markušovce member", 8 - Borové Formation s. s.: a - "non carbonate lithotype", b - "carbonate lithotype"); 9 - Pre-tertiary basement; 10 - Ďurkovec quarry; 11 - petrographic analyses of Tomášovce member sandstones with type, or variety marked.

Fig. 4 Location of Ďurkovec quarry, the stratotype locality of Tomášovce member

Fig. 5 Stratotype section of the Tomášovce member (Spišské Tomášovce-Ďurkovec quarry)

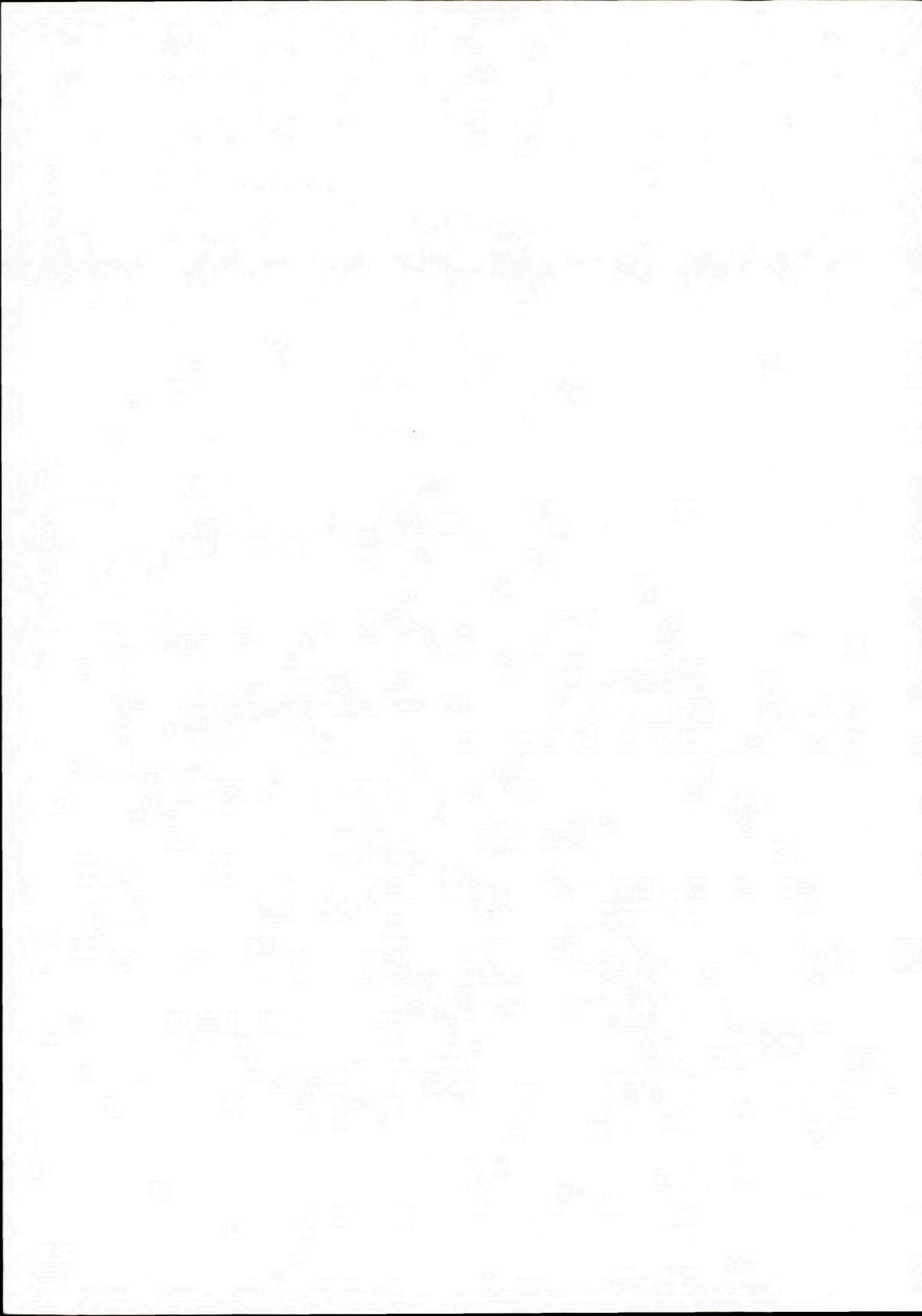
A - total thickness [m]; B - serial number of members; C - thicknesses of individual beds [mm]; 1- medium-grained sandstones; 2 - fine-grained sandstones; 3 - siltstones; 4 - ripple mark lamination; 5 - pyrite concretions; 6- bivalves; 7 - foraminifers (m - miliolids, l - lagenids, r - rotalids, a - agglutinates)

Fig. 6 Stratigraphic column for the Borové Formation in the Hornádska kotlina depression

1 - Tomášovce member; 2 - Borové Formation s. s. (a - "non carbonate lithotype", b - "carbonate lithotype"); 3 - "Chrast' member"; 4 - "Markušovce member"

Table 1 Composition and basic parameters of the Tomášovce member

H - Hranovnica, ST - Spišské Tomášovce, S - Smižany, SNV - Spišská Nová Ves, M - Markušovce, O - Odorín, J - Jamník, V - Vítkovce



KLEMENT FORDINÁL – ALEXANDER NAGY

Fauna panónskych sladkovodných vápencov okolia Turčianok (západný okraj pohoria Tribeč)

1 obr., 1 fototab., anglické resumé

Kľúčové slová: Rišňovce depression, fresh-water limestones, Pannonian-zone H, gastropoda

A b s t r a k t. The gastropod fauna of the Pannonian H-zone has been found in the freshwater limestones near the western margin of the Tribeč Mts. Being the second finding of its kind in the Western Carpathians this fauna enabled us to reconstruct the paleoecological conditions of the region.

Úvod

V zmysle regionálneho geologického členenia (VASS et al., 1988) patria neogénne sedimenty pri západnom okraji Tribeča k okrajovým vývojom rišňovskej priehlbiny, rozprestierajúcej sa medzi pohoriami Považský Inovec a Tribeč. Tvoria výplň Kližskej kotliny (NAGY in IVANIČKA et al., 1992), zasahujúcej hlboko do pohoria Tribeč. Zanášanie prebiehalo vo vrchnom panóne a sčasti i v pliocéne. Sedimentačný priestor bol v tomto období zaplavený okrajovými časťami sladkovodného jazera, ktoré pokrývalo celú rišňovskú priehlbínu.

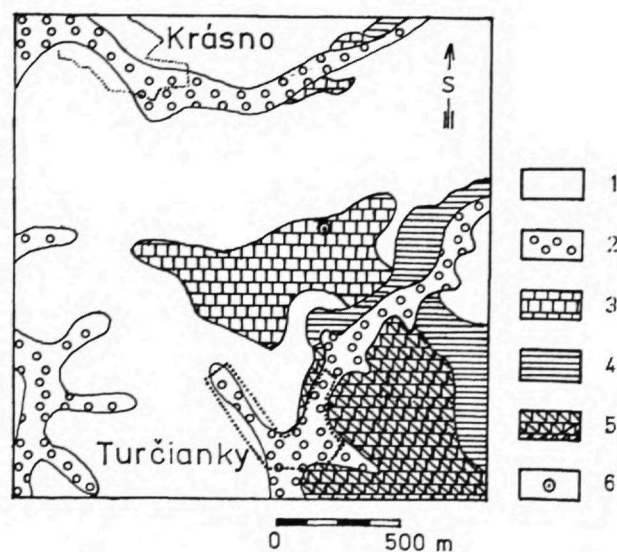
Neogénne sedimenty tak tvoria štrkovito-piesčité vývoj s vločkami sladkovodných vápencov, transgresívne ležiaci na predneogénnom podloží.

V minulosti boli zaradené do tzv. pestrej série, vyčlenenej JANOUSCHKOM (1943) vo Viedenskej panve, ktorej stratigrafické zaradenie bolo už viackrát zmenené.

PAPP (1951) zaraďuje uvedenú sériu do zóny H panónu. Neskôr bola zóna H priradená do dáku (pliocénu) (JIRÍČEK a ŠVAGROVSKÝ, 1975), potom do pontu (PAPP, 1985). Najnovšie je zaraďovaná do panónu (RÖGL et al., 1993).

Pri geologickom mapovaní a reambulácii zistil NAGY v blízkosti obce Turčianky v umelom odkryve (vo výkope pre elektrický stožiar a následne i v prirodzených odkryvoch v blízkom okolí) výskyt sladkovodných vápencov s faunou suchozemských a sladkovodných gastropód.

Na žiadnej lokalite sme nezaznamenali ich styk s podložím. Predpokladáme, že sladkovodné vápence sú viazané na blízke karbonátové podložie.



Obr. 1 Geologická mapka okolia študovanej lokality (IVANIČKA et al., 1994, upravené)

Kvartér: 1 – svahové hliny; 2 – aluviálne a deluviálne sedimenty; Neogén: 3 – sladkovodné vápence; Mezozoikum: 4 – vápence a dolomity chočského príkrovu; Paleozoikum: 5 – melafýry chočského príkrovu, 6 – miesto nálezu fauny

Výskyt neogénnych sedimentov, pozostávajúcich z ílov a sladkovodných vápencov, s faunou gastropód rodov *Helix*, *Bulimus*, *Planorbis*, *Lymnaeus*, uvádza zo širšieho okolia študovanej lokality už STACHE (1865). Zaraďuje ich do kongeriových vrstiev (panón). Ich výskyt zaznamenal na nasledujúcich lokalitách: Bajmocz (Bojnice), Dolnj Lelovce (Dolné Lelovce), Ražocha-berg (?), v oblasti medzi obcami Male Krštenany (Malé Kršteňany), Welke Krštenany (Veľké Kršteňany), Ssimnowany (Šimonovany – časť Partizánskeho), Ssimnowanski Meirhof (?), Zawodnj Lanj-Berg (?), Werowce-Waldes (?) bei Wysocany (Vysočany), Male Bilice (Malé Bielice). Také isté sladkovodné vápence uvádza z okolia

Topofčian SCHAFARZIK (1900). Zo Sádku uvádza nález zubov *Hipparion gracile* KAUP (l. c.).

Terciérne sedimenty pri okrajoch Tribeča mapovali BRESTENSKÁ a PRIECHODSKÁ (1969).

Sladkovodné vápence

Sladkovodné vápence sú kompaktné a majú svetlosivú, svetlohnedú až krémovú farbu.

Vznikali z kalovej suspenzie a majú nepravidelnú pseudooolitickú štruktúru. Vo vyšších častiach sa objavujú početné hľuzy, predstavujúce kryštalizačné centrá obklopené kalcitom. Rekryštalizácia spôsobila deformácie pôvodného kalového materiálu na nepravidelne rozmiestnené útvary s charakterom výplne puklín a tiež diferenciáciu jemnej kalovej hmoty s náznakom sintrovej štruktúry. V jednotlivých polohách sú hojné fantomy organických zvyškov drobných neurčiteľných lastúrnikov, vyplnené hrubokryštalickým kalcitom.

Fauna

V sladkovodných vápencoch sa nachádzali gastropóda vo forme jadier, čo sťažovalo ich identifikáciu. Prevalu mali zástupcovia suchozemských gastropód. Určené boli nasledujúce druhy:

Suchozemské gastropóda

<i>Aegopinella orbicularis</i> (KLEIN)	17 exemplárov
<i>Leucochroopsis kleini</i> (KLEIN)	19
<i>Klikia goniostoma</i> (SANDBERGER)(juv)	1
<i>Vertigo</i> cf. <i>callosa</i> (REUSS)	1
<i>Carychium</i> sp.	1
<i>Strobilops</i> sp.	1
<i>Tropidomphalus</i> sp.	4
<i>Cepaea</i> sp.	4
? <i>Trichia</i> sp.	2

Sladkovodné gastropóda

<i>Planorbis</i> sp.	2
----------------------	---

Prítomnosť druhu *Klikia goniostoma* (SANDBERGER) a podobnosť zisteného spoločenstva s asociáciou nájdenou v sladkovodných sedimentoch (jazernej kriede, sladkovodných vápencoch a pestrých íloch) vrty PID-1 (FORDINÁL, 1994), nachádzajúcom sa pri východnom okraji Považského Inovca, nám umožňuje zaradiť študované sladkovodné vápence do zóny H panónu (v zmysle RÖGL et al., 1993).

Z paleoekologického hľadiska môžeme konštatovať, že v študovanom spoločenstve gastropód majú prevahu lesné druhy [*Aegopinella orbicularis* (KLEIN), *Leucochroopsis kleini* (KLEIN), *Klikia goniostoma* (SANDBERGER)].

Zistená asociácia gastropód poukazuje na to, že na študovanom území sa počas zóny H panónu rozprestieralo sladkovodné jazero, na ktorého pobreží sa nachádzal les.

Systematická časť

Aegopinella orbicularis (KLEIN)

(Tab. I, fig. 1)

1907 *Hyalinia* REUSSI n. sp. – SCHLOSSER: p. 767, tab. 17, fig. 10

1967 *Oxychilus* (*Oxychilus*) *subnitens subnitens* (KLEIN) – SCHÜTT: p. 214

1976 *Aegopinella subnitens* (KLEIN) – SCHLICKUM: p. 12, tab. 3, fig. 39–40

1978 *Aegopinella subnitens* (KLEIN) – SCHLICKUM: p. 254, tab. 19, fig. 14

1981 *Aegopinella orbicularis* (KLEIN) – LUEGER: p. 45, tab. 6, fig. 4a-c, 5a-c, 6a-c

Materiál: 17 exemplárov

Rozmery: v mm

Výška: 5,0? 3,4 1,9 1,9 1,8 1,6 1,5 1,4 1,2 1,2.

Šírka: 11,8 7,8 5,0 4,7 4,3 3,5 3,0 3,0 2,8 2,4.

Stratigrafické a geografické rozšírenie: Uvedený druh je známy z bádenu (Zwiefaltendorf), spodného sarmatu (Hollabrunn), panónu – zón B/C (Lanzendorf), D (Leobersdorf), E (Vösendorf), F (Götzendorf), G – H (Öcs), H (Eichkogel).

Paleoekológia: obýva lesné spoločenstvo (LUEGER, 1981).

Leucochroopsis kleini (KLEIN)

(Tab. I, fig. 3)

1907 *Helix* (*Fruticola*?) *mödlingensis* n. sp. – SCHLOSSER: p. 765, tab. 17, fig. 19–21

1967 *Leucochroopsis kleini kleini* (KLEIN) – SCHÜTT: p. 218

1976 *Leucochroopsis kleini* (KLEIN) – SCHLICKUM: p. 15, tab. 3, fig. 52

1981 *Leucochroopsis kleini* (KLEIN) – LUEGER: p. 57, tab. 16, fig. 1a-c, 2a-c, tab. 15, fig. 6

Materiál: 19 exemplárov

Rozmery: v mm

Výška: 8,0 7,8 7,0 6,4 7,0 7,0 6,7 5,0 5,0 3,8.

Šírka: 12,4 12,2 11,4 11,4 11,0 11,0 10,6 8,6 8,0 5,4.

Stratigrafické a geografické rozšírenie: Tento druh bol nájdený v bádene (Zwiefaltendorf), spodnom sarmate (Hollabrunn), v zóne D (Leobersdorf), E (Vösendorf), F (Götzendorf), G/H (Velm, Öcs), H (Eichkogel) panónu.

Paleoekológia: obyvateľ vlhkého lesa (LUEGER, 1981).

Záver

V sladkovodných vápencoch neďaleko obce Turčianky bol zistený výskyt suchozemských a sladkovodných gastropód. Fauna poukázala na zónu H panónu, počas ktorej bolo na študovanom území sladkovodné jazero (*Planorbis* sp.). Na pobreží s vlhkomilnou faunou gastropód (*Carychium*, *Vertigo*) sa nachádzal les [(*Aegopinella orbicularis* (KLEIN), *Leucochroopsis kleini* (KLEIN))].

V Západných Karpatoch ide o prvý povrchový výskyt fauny zóny H panónu a celkovo o druhý nález. Prvý bol zistený vo vrte PID-1 (Orešany) pri východnom okraji Považského Inovca (FORDINÁL, 1994).



Fototab. I

- Obr. 1 *Aegopinella orbicularis* (KLEIN), zv. 3,5 x
 Obr. 2 *Planorbis* sp. zv. 3,7x
 Obr. 3 *Leucochroopsis kleini* (KLEIN), zv. 3.6 x
 Obr. 4 *Planorbis* sp., zv. 3,7x

- Obr. 5 *Cepaea* sp., zv. 3,4 x
 Obr. 6 *Tropidomphalus* sp., zv. 2 x
 Obr. 7 *Aegopinella orbicularis* (KLEIN) v sladkovodnom vápenci, zv. 4 x
 Foto: C. Michalíková

Literatúra

- BRESTENSKÁ, E. a PRIECHODSKÁ, Z., 1969: Terciér pri okrajoch Tribeča. Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
- FORDINÁL, K., 1994: Vrchný panón (zóna H) východného okraja Považského Inovca. Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 99, 67–75.
- IVANIČKA, J., HÓK, J., POLÁK, M., HATÁR, J., GREGUŠ, J., KOVÁČIK, M., VOZÁR, J., VOZÁROVÁ, A., NAGY, A., KERNÁTSCH, G., BRLAY, A., JÁNOVÁ, V. a VRANOVSKÁ, A., 1992: Vysvetlivky ku geologickej mape 1 : 25 000, list Partizánske-3 (35-423). Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
- IVANIČKA, J., POLÁK, M., PRISTAŠ, J., HATÁR, J., GREGUŠ, J., NAGY, A., VOZÁR, J., VOZÁROVÁ, A., HÓK, J., LIŠČÁK, P., MARCIN, D., BRLAY, A. a FORDINÁL, K., 1994: Vysvetlivky ku geologickej mape 1:25 000, list 35-144 (Topoľčany). Manuskript – archív GS SR, Bratislava.
- JANOSCHEK, R., 1943: Das Pannon des Inneralpinen Wiener Beckens. In: Zur Stratigraphie des Jungtertiärs der Donauländer. Mitt. Reichsamts Bodenf. (Wien), 1–45.
- JIRÍČEK, R. a ŠVAGROVSKÝ, J., 1975: Biozones of brachy- to oligohaline molluscs of late Tertiary in the central Paratethys. In: Cicha, I. (edit.) 1975: Biozonal division of the upper Tertiary basins of the Eastern Alps and West Carpathians. Geol. Survey, Prague, 45–56.
- LUEGER, J. P., 1981: Die Landschnecken im Pannon und Pont des Wiener Beckens. I. Systematik, II. Fundorte, Stratigraphie, Faunenprovinzen. Denkschr. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. (Wien), 120, 1–124.
- PAPP, A., 1951: Das Pannon des Wiener Beckens. Mitt. Gel. Ges. (Wien), 39–41, 99–193.
- PAPP, A., 1985: Die Gliederung des Pannonien. In: PAPP, A., JÁMBOR, A. a STEININGER, F. F.: M6, Pannonien (Slavonien und Serbien). Chronostratigraphie und Neostratotypen, 7, Budapest, 28–29.
- RÖGL, F., ZAPFE, H., BERNOR, R. L., BRZOBOHATÝ, R., DAXNER-HÖCK, G., DRAXLER, I., FEJFAR, O., GAUDANT, J., HERMANN, P., SCHULTZ, O. a ZETTER, R., 1993: Die Primaten Fundstelle Götzendorf an der Leitha (Obermiozän des Wiener Beckens, Niederösterreich). Jb. Geol. B.-A. (Wien), 136,2, 503–526.
- SCHAFARZIK, F., 1900: Nyitramegyének ipari szempontból fontossab közeteiről. Magy. kir. földt. Intéz. Évi Jelent. (Budapest), 1898, 227–243.
- SCHLICKUM, W. R., 1976: Die in der pleistozänen Gemeindegiesgrube von Zwiefältendorf a. d. Donau abgelarte Molluskenfauna der Silvanaschichten. Arch. Molluskenkunde (Frankfurt a. M.), 107, 1/3, 1–31.
- SCHLICKUM, W. R., 1978: Zur oberpannonen Molluskenfauna von Öcs I. Arch. Molluskenkunde (Frankfurt a. M.), 108, 4/6, 245–261.
- SCHLOSSER, M. 1907: Die Land- und Süßwassergastropoden vom Eichkogel bei Mödling. Jb. k. k. geol. Reichsanst. (Wien), 57, 753–792.
- SCHÜTT, H., 1967: Die Landschnecken der untersarmatischen Rissoschichten von Hollabrunn, N.-O. Arch. Molluskenkunde (Frankfurt a. M.), 96, 199–222.
- STACHE, G. 1865: Bericht über die geologischen Aufnahmen im Gebiete des oberen Neutra-Flusses und der königlichen Bergstadt Kremnitz im Sommer 1864. Jb. k. k. geol. Reichsanst. (Wien), 15, 297–319.
- VASS, D. (zost.) et al., 1988: Vysvetlivky k mape Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy na území ČSSR. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 65 s.

Fauna from (Pannonian) freshwater limestones from the surroundings of Turčianky (western margin of the Tribeč Mts.)

Summary

An occurrence of freshwater limestones containing gastropod fauna has been found in the Rišňovce depression near the western margin of the Tribeč Mts. (nearby the Turčianky village) (fig. 1). The following species were identified: *Aegopinella orbicularis* (KLEIN), *Leucochroopsis kleini* (KLEIN), *Klikia goniostoma* (SANDBERGER) (juv.), *Vertigo* cf. *callosa* (REUSS), *Carychium* sp. *Strobilops* sp., *Tropidomphalus* sp., *Cepaea* sp., *Trichia?* sp. and *Planorbis* sp. (Pl. I).

The freshwater limestones belong to the Pannonian H-zone. The gastropod association indicates that a freshwater lake with forested shores existed during the deposition of the H-zone sediments.

This is the first and the only known occurrence of the Pannonian H-zone in the Western Carpathians found at the surface and is, in fact, the second only to that described from the well PID-1 (Orešany) drilled on the other side of the Rišňovce depression near the Považský Inovec Mts. (FORDINÁL, 1994).

Explanations to the figure

Fig. 1 Geological map showing the surroundings of the locality under study (IVANIČKA et al., 1994, modified)
Quaternary: 1 – slope loams; 2 – alluvial and deluvial sediments; Neogene: 3 – freshwater limestones; Mesozoic: 4 – limestones and dolomites of the Choč nappe; Paleozoic: 5 – melaphyrs of the Choč nappe; 6 – fauna finding site

Plate I

Fig. 1 *Aegopinella orbicularis* (KLEIN), mag. 3.5 x

Fig. 2 *Planorbis* sp. mag. 3.7x

Fig. 4 *Planorbis* sp., mag. 3.7x

Fig. 5 *Cepaea* sp., mag. 3.4 x

Fig. 6 *Tropidomphalus* sp., mag. 2 x

Fig. 7 *Aegopinella orbicularis* (KLEIN) in freshwater limestone, mag. 4 x

Photo: C. Michalíková

JOZEF BEŇKA – ONDREJ ĎURŽA

Mineralógia, paragenéza, geochemia a termonapätie pyritov ložiska Nižná Slaná

1 obr., 12 tab., angl. resumé

Kľúčové slová: sukcesia, chemické zloženie, termoelektrické napätie pyritov

A b s t r a c t. Mineralogical research using the measurement of thermoelectric power has brought a new information about the minerals of the Nižná Slaná deposit. The new knowledge comprises chemical contents, thermoelectric power and succession of mineral deposition, especially of pyrites. The obtained thermoelectric values change from positive for syngenetic to negative for quartz-sulphidic stage.

Úvod

Mineralógia zrudnenia ložiska Nižná Slaná nebola doteraz komplexne spracovaná, ale čiastkové výsledky nachádzame v celom rade prieskumných a výskumných prác a v publikáciách. Riešili problémy rôznych minerálnych asociácií, ich genézy, identifikácie, vystupovania jednotlivých minerálov dôležitých pre ekonomický rozvoj atď. (VARČEK, 1963, 1971, 1973; MIHÓK, 1981; DEPTA, 1985; HÁBER et al., 1993 atď.). Chýbajú však výsledky fyzikálno-chemického charakteru, a teda aj ucelený pohľad na vývoj mineralizácie ložiska, i keď viaceré práce sa snažia o ucelenejší pohľad.

Ani v našom prípade nepredkladáme komplexnú vyčerpávajúcu prácu, ale svojim príspevkom chceme prispieť k celkovému pohľadu na mineralizáciu a doplniť sledovania mineralizácie štúdiom priestorovo najrozšírenejších minerálov – pyritu a chalkopyritu, ktorých materiál sa nám podarilo získať zo starších dokumentačných vzoriek. Dosiiahnuté výsledky môžu byť následne použité pri celkovom hodnotení mineralizácie najmä z genetického a sukcesného hľadiska.

Po skúsenostiach s meraním termoelektrického napätia pyritov na iných ložiskách, či už doma alebo v zahraničí, doplnili sme naše štúdium o merania, ktoré dopĺňajú informácie o fyzikálno-chemických podmienkach vzniku ložísk. Meranie termoelektrického napätia umožňuje získať na novom fyzikálnom základe objektívny, zaujímavý materiál na poznanie podmienok tvorby minerálov a rúd.

Problematikou merania koeficientu termoelektrického napätia pyritu sa podrobnejšie zaoberajú ĎURŽA (1981) a ĎURŽA a CHOVAN (1981). Prístroj na meranie termoelektrického napätia a metodiku meraní opisujú ĎURŽA (1981) a GAJDOŠ a ĎURŽA (1981).

Mineralizácia ložiska

Na základe podrobnej analýzy štruktúrno-textúrnych znakov, intermineralizačnej tektoniky, štúdia minerálnych asociácií a paragenetických vzťahov môžeme konštatovať, že vývoj ložiskovej výplne má diskontinuálny charakter. Formoval sa v troch samostatných etapách a niekoľkých mineralizačných periódach (tab. 1).

Prvú, najstaršiu etapu zrudnenia – **stratiformnú** – reprezentujú akumulácie sulfidických minerálov lokalizovaných do nadložia metasomatických sideritovo-ankeritových šošoviek, ktoré svojim genetickým postavením, vývojom a úložnými pomermi v súvrstviach bridlic s prímiesou grafitickej substancie spolu s lyditi predstavujú stratiformný typ zrudnenia (VARČEK, 1973).

Rudnú výplň týchto polôh tvorí prevažne arzenopyrit a pyrit. Ostatné identifikované minerály, ako galenit, sfalerit, chalkopyrit, pyrotín a siderit, majú len sporadické zastúpenie. Tieto akumulácie majú v prevahe vrstvom charakter a jednotlivé vrstvičky majú laminovanú stavbu, čo podporuje predstavu o ich vulkanicko-sedimentačnom pôvode.

Arzenopyrit ako najhojnejší minerál v týchto polohách tvorí masívne jemnozrnné agregáty, ktoré sú v okrajových častiach prerastené malým množstvom chalkopyritu, sfaleritu, ale aj sideritu.

Pyrit často vystupuje vo forme jemnozrnných liatych vrstvičiek, ale aj impregnácií a väčších (2–4 cm) hrubých metakryštálov. Vo viacerých prípadoch boli pozorované i nepravidelné zhluky pyritu, ktoré vznikli pravdepodobne rekryštalizáciou. Podrobnejší opis pyritu, pretože bol predmetom meraní termoelektrického napätia, uvádzame v samostatnej časti.

Ostatné minerály (galenit, sfalerit, chalkopyrit) tvoria len nevýrazné vrstvom textúry.

Mladšia etapa mineralizácie – **sideritová** – sa od predchádzajúcej líši osobitnou genetickou prípravou, ale najmä štruktúrno-textúrnymi znakmi a minerálnym zložením. Hlavnú masu rudnej výplne tvoria metasomatické siderit a ankerit, ktoré boli a doteraz sú predmetom ťažby. Ostatné minerály len dokresľujú celkový minerálny obraz ložiska a nemajú praktický význam.

Tab. 1 Sukcesná schéma mineralizácie

Etapa	I. syngenetická	II. sideritová	III. kremeňovo-sulfidická		
			kremeňovo-sulfidická		rumelková
			staršia	mladšia	
Minerál					
kremeň	-	-	-	-	-
kalcit	-	-			-
sericit	-		-		-
arzenopyrit	--			-	
pyrit	--	-	-	-	-
pyrotín	-		-		
ankerit		---		-	-
siderit		--	-	-	-
baryt		-			-
turmalín			-		-
gersdorfit			-	-	
pentlandit			-	-	
markazit			-	-	-
melnikovit			-	-	
chalkopyrit					-
millerit	-				
ullmanit				-	
sfalerit	-			-	
tetraedrit				-	-
galenit	-			-	-
bournonit				-	
boulangerit				-	-
antimonit				-	-
rumelka					-
amalgám Ag					-
sekundárne minerály					
limonit					
azurit					
kalomel					
melanterit					
kaolinit					
ortuť					

Ankerit ako najrozšírejší minerál je hlavným paragenetickým sprievodcom sideritu. Tvorí obyčajne masívne, ale aj drobnozrnné, väčšinou jemnokryštalické agregáty, ktoré sú intenzívne prerastené so sideritom a v mnohých prípadoch možno v niektorých agregátoch pozorovať rôzne textúrne znaky, ktoré svedčia o pôvodnej vrstevnatosti. Ankerit (lokálne Fe-dolomit) na ložisku vystupuje vo viacerých generáciách. Z nich prevláda ankerit druhej generácie, ktorý tvorí hlavnú masu metasomatických polôh. Pri porovnaní chemického zloženia jednotlivých generácií ankeritu (najstaršieho – vrt SH-1 a najmladšieho – vrt NS-157) môžeme konštatovať, že sa ich zloženie len veľmi málo odlišuje (tab. 2). Menšie rozdielnosti môžu byť spôsobené rozdielnou metodikou separácie, ale aj použitou analytickou metódou.

Siderit na ložisku nachádzame vo forme sivých až sivočiernych jemnozrnných agregátov s jemne rozptýlenou grafitickou substanciou. Zriedka sa však nájdú i polohy svetlejšie až svetlohnedé. Siderit v tejto etape sa formoval hydrotermálne-metasomatickou cestou, a preto ho často nachádzame v laminovaných a brekciových textúrach. Jeho vystupovanie má rozličné zrnitostné formy – od masívnych cez hrubo- až strednokryštalický klencový vývoj – ktoré sú ovplyvnené tak rekryštalizáciou, ako aj možnosťami kryštalizácie do voľného priestoru.

Chemické zloženie sideritu nie je stále, ale často sa mení v priestorovom zložení jednotlivých ložísk (Manó, Ignác, Gabriela), kde varíruje najmä obsah základných komponentov v mriežke sideritu ako Fe, Mg. Tieto rozdielnosti môžeme pripísať okrem už spomínaných

Tab. 2 Chemické zloženie najstaršieho a najmladšieho ankeritu (hmot. %)

Lokalizácia	FeO	MnO	CaO	MgO	CO ₂	N. z.	Σ
vrt NS-157 ¹	21,15	1,34	27,15	7,02	42,90	0,36	100,36
vrt SH-1 ²	19,14	1,41	29,16	6,45	42,57	1,48	100,22

¹ ABONYI et al. (1963)² JELEŇ (in LÖRINZ, 1989)

Tab. 3 Chemické zloženie sideritu v hydrotermálnych a metasomatických polohách (hmot. %)

Lokalita	FeO	CaO	MgO	MnO	Str. ž.	N. z.	Σ
Manó ¹	45,70	2,28	7,75	3,02	30,27	10,96	99,98
SH-1 ²	50,46	0,86	4,19	2,60	37,83	4,39	100,40

¹ ABONYI et al. (1963)² JELEŇ (in LÖRINZ, 1989)

príčin i genetickým faktorom. Vyšší obsah FeO ako v metasomatických polohách je v hydrotermálnych žilách (tab. 3). Presnosť chemického zloženia jednotlivých vzoriek však v podstatnej miere pripisujeme metodike merania.

Kremeň nachádzame na ložisku často, jeho obsahové zastúpenie je, až na niektoré nepravidelné šošovkovité akumulácie, pomerne nízke. Vystupuje vo viacerých generáciách, pričom je hojnejší v ankeritových metasomatických častiach. V systéme menších hydrotermálnych žíl tvorí obyčajne mliečnobiele, lokálne až sivé, stredne zrnité agregáty a len zriedkavo drúzovú výplň dutín. Pôvodom jeho zafarbenia sú zvyčajne rôzne jemnozrné impregnácie z okolitých grafických bridlíc, ale aj sulfidických minerálov. Je stálym sprievodcom sulfidických minerálov, prenikajúcich cez starší metasomatický siderit, ankerit a Fe-dolomit.

Ostatné minerály vystupujú len akcesoricky. Zaujímavé sú len drobné akumulácie barytu. Na mnohých ložiskách SGR je síce vyčleňovaný ako samostatná perióda, ale v našom prípade, pre jeho zriedkavý výskyt a malé možnosti jeho bližšieho štúdia, je táto alternatíva neopodstatnená, hoci jeho vystupovanie voči starším karbonátom je jednoznačné a ostro oddelené.

Tretia etapa mineralizácie – **kremeňovo-sulfidická**. Jej samostatnosť je jasne preukázaná tak tektonickou prípravou a textúrnymi znakmi, ako aj charakteristickou minerálnou výplňou. Celý mineralizačný proces tejto etapy sa uskutočnil v troch mineralizačných periódach (tab. 1).

Mineralizáciu **staršej kremeňovo-sulfidickej periódy** charakterizuje len menšia skupina minerálov, ale jej vyčlenenie je vzhľadom na svoje vystupovanie dosť jednoznačné. Celú minerálnu asociáciu reprezentujú menšie kremeňové žily, pri ktorých v začiatku ukladania sme zaznamenali len menší obsah kremeňa, pyritu a arzenopyritu. Zaujímavejšia je však ostatná minerálna asociácia, v ktorej prevláda *gersdorfit*. Tento minerál, i keď je na ložisku zriedkavý, má z nikelnatých minerálov najväčšie zastúpenie (VARČEK, 1971). Bol zistený

na viacerých miestach kremeňovo-sulfidických žíl, ako preniká do metasomatického sideritu. Obyčajne tvorí 1–3 mm agregáty tmavosivej farby spolu s pyritom a pyrotínom. Vystupuje v dvoch generáciách, z ktorých staršia má väčšie zastúpenie. *Gersdorfit* II je tvorený prevažne drobnozrnnými akumuláciami nepravidelného vývoja. Tvorí rôzne venčekovité, vločkovité a šošovkovité útvary. Bol identifikovaný mikroanalýzátorm (tab. 4).

Ako produkt rozpadu tvrdých roztokov môžeme v *gersdorfite*, ale aj v pyrotíne, často sledovať *pentlandit*, ktorý v nich tvorí rôzne plameňovité, vretenovité a vločkovité štruktúry. Jeho výskyt je zriedkavý a má len mikroskopický charakter.

Následnou zmenou koncentrácie síry v hydrotermálnom procese a zastúpenia niektorých ďalších prvkov (Ni, Fe, Sb) došlo k vylučovaniu ďalšej skupiny minerálov, ako pyrotín, markazit, melnikovit.

Pyrotín tvorí v rudnej výplni rôzne jemnozrné až celistvé agregáty kovovožltého vzhľadu, ktoré často podľahli mechanickej deštrukcii. Zaujímavé je, že novovzniknuté pukliny nie sú zaplnené mladšími minerálnymi asociáciami, ale len kremeňom. Pyrotínové agregáty i jednotlivé zrná často obsahujú pentlanditové uzavreniny a zrná markazitu, ktoré sú mladšie a intenzívne ho zatláčajú. Okrem klasických optických metód bol identifikovaný pomocou mikroanalýzátora (tab. 5).

Markazit má podstatne menšie zastúpenie ako pyrotín. Často ho sledujeme vo forme drobných, mierne ohnutých pásikov spolu so sideritom. Býva často rozpukaný kolmo na priebeh zrn, ale nie zhodne so štruktúrami v pyrotíne, z čoho sa dá usudzovať, že ide o mladšie štádium dynamometamorfných procesov (VARČEK, 1963).

Melnikovit vznikol zrejme ako produkt predchádzajúcich minerálov, v ktorých tvorí okrúhle, ľadvinovité útvary. Samotný melnikovit má koncentrickú zonálnu a kolomorfnú štruktúru s veľkým počtom drobných trhlín, ktoré boli následne vyplnené mladším anti-*monitom*.

Tab. 4 Chemické zloženie gersdorfitu (hmot. %)

Cu	Zn	Ni	Fe	S	As	Sb	Bi	Σ
0,07	0,04	34,76	0,09	17,82	39,19	8,99	0,14	100,80
0,07	-	34,26	0,03	18,13	39,18	8,25	-	99,94
0,14	0,07	34,67	0,05	18,10	40,36	6,16	-	99,63
0,04	-	34,37	-	17,87	40,05	6,91	0,03	99,27

Analyzoval: CAŇO, rtg mikroanalýza, Jeol Superprobe 733, GÚDŠ Bratislava

Tab. 5 Chemické zloženie pyrotínu (hmot. %)

Fe	S	Hg	Ni	Co	Ag	Σ
59,09	40,06	0,02	0,33	-	-	99,50
58,72	39,63	-	0,36	0,05	0,02	98,78

Analyzoval: CAŇO, rtg mikroanalýza, Jeol Superprobe 733, GÚDŠ Bratislava

Samostatnosť **mladšej sulfidickej periódy** je jasne preukázaná intermineralizačnou tektonikou, ktorá pripravila prostredie na jej následné uloženie. Je nutné však podotknúť, že sa neprejavila tak výrazne ako na ostatných ložiskách SGR. Preto lokalizácia i rozšírenie tejto pestrej mineralizácie je dosť nepravidelné a na mnohých miestach dosť nevýrazné. Mocnosť žiloviny veľmi kolíše a prevažne sa pohybuje v cm hodnotách. Len veľmi zriedkavo nachádzame jej väčšiu koncentráciu, aj to len zásluhou zvýšenej akumulácie kremeňa.

Minerálne zloženie tejto periódy je v celom ložisku najpestrejšie. Podstatnú časť tvorí kremeň IV, pyrit IV, arzenopyrit II. Ostatné minerály sú podstatne menej zastúpené (chalkopyrit, tetraedrit, millerit, ullmanit, galenit, sfalerit, bournonit, boulangerit a antimónit).

Rudné minerály, ktoré sa podieľajú na zložení tejto periódy, majú veľmi rozdielne zastúpenie a v niektorých prípadoch prechádzajú až do akcesórií. Najčastejším rudným minerálom je *chalkopyrit*, o ktorom sa zmienime v samostatnej časti, pretože bol predmetom merania termoelektrického napätia.

Tetraedrit vystupuje obyčajne v asociácii s chalkopyritom, pyritom a v menšej miere s galenitom, sfaleritom, gersdorfitom a milleritom vo forme nepravidelných polôh, hniezd a v menších žilkách, ako spolu prenikajú do metasomatického sideritu. Najčastejšie sa však s ním stretávame v chalkopyritových hniezdach, kde tvorí nepravidelné zhluky, drobné žilky prenikajúce cez jeho agregáty, alebo tvorí obruby okolo chalkopyritu. Miestami uzatvára kryštály pyritu III, ktorý lokálne inten-

zívne zatláča. Sám je však ztláčaný bournonitom. Jeho chemické zloženie zistené na mikroanalýzátore je uvedené v tab. 6.

Millerit je veľmi vzácny a nachádza sa v agregátoch pyritu a gersdorfitu, kde tvorí drobné, nepravidelne obmedzené agregáty alebo stĺpčekovité zrná. Často tvorí spolu s chalkopyritom a niektorými Ni minerálmi mirmekitické zrasty.

Ullmanit možno pozorovať v pyritových agregátoch, kde tvorí i väčšie zrná, alebo ako mladšiu generáciu v gersdorfite, kde tvorí odmiešaniiny vločkovitých až venčekovitých tvarov.

Galenit ako menej častý minerál nachádzame v podobe menších zrníčok v kremeňovo-sideritovo-sulfidických žilách, opísaných z ložiska Manó (ABONYI et al., 1963). V týchto miestach tvoril rôzne hniezda, ale aj impregnácie v tenkolavicovitých karbonátoch. Vystupuje v dvoch generáciách, z ktorých mladšia asociuje i s ďalšími minerálmi, ale v žilných systémoch ložiska Manó.

Sfalerit sa vyskytuje v asociácii s chalkopyritom a tetraedritom v siderite (ABONYI et al., 1963). V chalkopyrite, ktorý zatláča, vystupuje v podobe drobne rozptýlených zrn. Často sa nachádza v drúzových dutinách, kde vytvára 1–3 mm hrubé, čiastočne idiomorfne jedince a lokálne tvorí tmel v brekciách galenitu a boulangeritu.

Bournonit, i keď je dosť častý (VARČEK, 1963), jeho zastúpenie je spravidla mikroskopického charakteru v asociácii s tetraedritom, kde vytvára úzke lemy okolo tetraedritu v siderite v blízkosti Ni minerálov. Bol identifikovaný pomocou mikroanalýzátora (tab. 7).

Tab. 6 Chemické zloženie tetraedritu (hmot. %)

Cu	Zn	Ni	Hg	Fe	S	As	Sb	Bi	Ag	Σ
34,67	4,54	0,08	1,13	1,77	24,02	0,57	28,77	0,3	1,65	97,51
33,48	4,04	1,42	1,41	2,28	23,85	2,56	27,98	0,3	1,89	99,21

Analyzoval: CAŇO, rtg mikroanalýza, Jeol Superprobe 733, GÚDŠ Bratislava

Tab. 7 Chemické zloženie bournonitu (hmot. %)

Cu	Ni	Co	Pb	Fe	S	Sb	Σ
13,04	-	-	44,84	0,07	18,23	24,63	100,81
13,05	-	-	44,55	0,07	18,44	24,53	100,94
12,72	0,22	-	42,29	1,28	18,61	25,29	100,40
12,65	-	-	43,69	1,12	18,61	24,73	100,78

Analyzoval: CAŇO, rtg mikroanalýza, Jeol Superprobe 733, GÚDŠ Bratislava

Tab. 8 Chemické zloženie boulangeritu (hmot. %)

Ni	Cr	Pb	Fe	S	Sb	Σ
0,02	0,062	58,76	0,01	17,14	23,27	99,91

Analyzoval: CAŇO, rtg mikroanalýza, Jeol Superprobe 733, GÚDŠ Bratislava

Boulangerit bol identifikovaný na ložisku Manó (BEŇO, 1960) ako častý minerál v drúzových dutinách, kde tvorí tenkoihličkovité až plstnaté agregáty v metasomatickom ankerite i v menších kremeňovo-sulfidických žilách. Lokálne vytvára aj jemné až práškovité agregáty vo sfalerite alebo drobné hniezda v asociácii s tetraedritom, bournonitom, poprípade s ďalšími minerálmi. Výsledky meraní na mikroanalýzátore sú v tabuľke 8.

Antimonit bol vzácné identifikovaný na IX. obzore ložiska Manó v podobe ihličkovitých, ale jemnozrnných agregátov, veľmi nepravidelne lokalizovaných v priestore. Obyčajne tvorí jemnozrnné agregáty alebo výplň drúzových dutín v podobe ihličiek dosahujúcich dĺžku i niekoľko cm (1–2 cm) (VARČEK, 1973).

Rumelková perióda sa uplatnila najmä v žilných systémoch, lokalizovaných v južnom pokračovaní ložiska Manó do oblasti Svätá Trojica a Rimberg. Tieto ložiskové oblasti majú impregnačno-žilníkový charakter a pozostávajú z viacerých menších žíl, lokalizovaných na kontakty horninových komplexov porfyroidov a kremencov.

Rudné žily svojim minerálnym zložením – kremeň, sericit, kalcit, ankerit, siderit, baryt, pyrit, tetraedrit, chalkopyrit, galenit, boulangerit, markazit, rumelka, z novších výskumov amalgám Ag (JELEŇ in LÖRINCZ, 1989) – zapadajú do schémy mineralizácie študovanej oblasti. Sú tu však rozdielnosti, ktoré nás viedli k vydeleniu samostatnej periódy. Jednak je to ich samostatné vystupovanie, jednak značné zmeny v chemizme hydrotermálneho procesu. V predmetnej oblasti, najmä v podložných častiach žíl, prevláda tetraedrit so zvýšeným obsahom Ag i Hg a v ich nadloží prevláda rumelka (SLÁVIK et al., 1967). Tento obsah smerom do hĺbky sa podstatne menil, najmä v prípade Hg, čo sa prejavilo i znižovaním obsahu rumelky.

Rudné minerály, ktoré sa podieľajú na žilnej výplni, majú dosť rozdielne zastúpenie. V prvých fázach formovania rudnej výplne prevláda kremeň V s menším obsahom sericitu III, pyritu V, markazitu II, všetkých karbonátov, turmalínu i barytu, ktoré svojim vystupovaním, a pokiaľ to bolo možné zistiť, ani chemickým zložením sa veľmi neodlišujú od starších generácií. Kvôli duplicitě sa nebudeme o nich bližšie zmieňovať, ale zmienime sa len o novozistených, a pre túto periódu nosných mineráloch.

Rumelka je v žilách dosť rozšíreným minerálom. V podobe hrubozrnných agregátov ju často stretávame v kremeňovo-sideritovo-barytových žilách spolu s ostatnou sulfidickou mineralizáciou. V týchto miestach je často sprevádzaná kvapkami sekundárnej ortuti, amalgámom Ag. Často sa vyskytuje i v kremeňových žilách, vytvára drobné hrubolupeňovité útvary v asociácii s pyritom a tetraedritom, alebo je priamo zarastená v kremeň vo forme pevných impregnácií. Pekné kryštály rumelky sa nachádzajú i v drúzových dutinách kremeňa.

Tetraedrit je pomerne častý minerál a prevažne tvorí hniezda a závalky spolu s rumelkou, pyritom a chalkopyritom. Zonálne tvorí masívne agregáty, vtrúseniny a drobné žilky v kremeň. Tetraedrit z týchto asociácií obsahuje až 12,00 hmot. % Hg a 0,25 hmot. % Ag.

Amalgám Ag bol identifikovaný v karbonátoch v asociácii s tetraedritom a chalkopyritom (JELEŇ in LÖRINCZ, 1989). Stretávame sa s ním obyčajne vo forme striebrobielych, ale aj žltkavých a červenkavých povlakov na kompaktných zrnitých agregátoch rumelky. Veľmi zriedka tvorí i drobné stĺpčekovité útvary. Považuje sa za primárny minerál. Je veľmi mäkký a povrch rýchlo oxiduje. Má vysokú odraznosť. Veľkosť zrna sa pohybuje do 0,1 mm. Chemické zloženie zistené pomocou elektrónového mikroanalýzátora je v tabuľke 9.

Tab. 9 Chemické zloženie amalgámu Ag (hmot. %)

Vzorka	Cu	Ag	Fe	Hg	Sb	S	Bi	Σ
SH-3/124,2 m	0,05	51,42	0,14	48,25	-	0,14	-	100
	0,53	50,11	0,02	49,03	0,01	0,20	0,10	100
	0,16	50,06	0,04	49,33	0,05	0,31	-	100

JELEŇ (in LÖRINCZ, 1989)

Vznik zliatiny AgHg možno vysvetliť rozkladom Ag tetraedritu (JELEŇ in LÖRINCZ, 1989).

Chalkopyrit je dosť častý a obyčajne ho nachádzame vo forme drobných agregátov v žilnom kremeň, siderite, ale aj v baryte a tetraedrite.

Boulangerit má síce nepatrné zastúpenie, ale jeho rozšírenie v ložisku Nižná Slaná je najvýznamnejšie z celého SGR. Tvorí prevažne plstnaté agregáty, ale aj samostatné, až 3 mm ihličky. Často tvorí výplň intergranulárnych priestorov v karbonátoch. Na porovnanie

uvádzame chemickú analýzu boulangeritu z Hg-nosnej oblasti (tab. 10).

Baryt je vyslovene akcesorický minerál a makroskopicky bol sledovaný len vo vrte SH-2/76-82 m (JELEŇ in LÖRINCZ, 1989), kde intenzívne prerastá so sideritom, kremeňom a ojedinele i s turmalínom.

Sekundárne minerály neboli systematickejšie sledované, pretože až na Hg netvoría na ložisku podstatnú zložku študovaných rúd. Pri mikroskopickom štúdiu sa zistili: limonit, kalomel, azurit, ortuť, kaolín, melanerit.

Tab. 10 Chemické analýzy boulangeritu (hmot. %)

Vzorka	Zn	Cu	Pb	Au	Fe	S	Sb	Σ
SH-4/712 m	0,07	0,10	55,81	0,06	0,03	17,76	26,17	100
	0,01	-	55,28	-	0,03	17,72	26,96	100
	0,03	-	57,88	-	-	17,69	24,40	100

JELEŇ (in LÖRINCZ, 1989)

Termoelektrické napätie niektorých sulfidov

Pyrit je najrozšírenejším sulfidickým minerálom medzi X. a XII. obzorom ložiska Manó. Vyskytuje sa v niekoľkých generáciách. Na vybraných vzorkách sme zmerali termoelektrické napätie. Jeho hodnoty sa pohybujú v širokom intervale hodnôt od -492 do +655 $\mu\text{V}/\text{deg}$.

Vodivosť pyritov typu n spôsobuje pravdepodobne deficit S v štruktúre pyritu alebo prímies donorov – najmä Ni a Co. Vodivosť typu p zasa spôsobuje deficit Fe v štruktúre pyritu alebo prítomnosť akceptorov, napr. Ag, As.

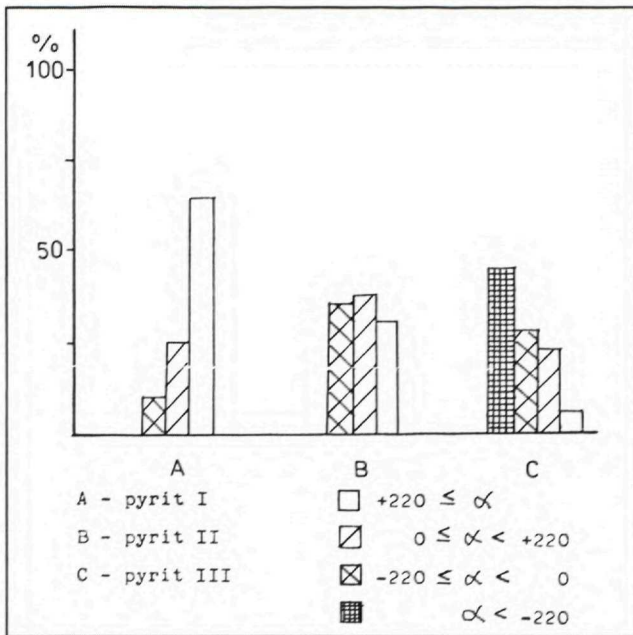
ŽEREBCOV et al. (1978) stanovili empirickú závislosť na vypočítanie koeficientu produktivnosti (K_p) pre zlatosulfidické zóny. Podľa ich záverov anomálne zmeny elektrofyzikálnych vlastností pyritov s $K_p \geq 60\%$ zodpovedajú zlatosulfidickým zónam.

Na základe toho môžeme predpokladať, že až 70 % skúmaných vzoriek pyritov z čiernych bridlíc by mohlo mať zvýšený obsah Au, resp. As, pretože zreteľné zvýšenie koncentrácie Au v pyritoch vodivosti typu p má nepriamy charakter a je spôsobené väzbou zlata a arzenu v pyrite. Táto vzájomná väzba a priradenosť zvýšenej koncentrácie Au k pyritom vodivosti typu p sa vysvetľuje prítomnosťou As^{3+} , ktorý zamieňa S^{2-} , t. j. určuje dierový typ vodivosti pyritu.

Najstarší je sedimentárny a diagenetický pyrit I. Vyskytuje sa vo forme drobných rozptýlených zrníek v tmavých horninách (čierny bridlice, lydity i karbonáty). Mikroskopickým výskumom sme zistili, že jednotlivé zrnká sú alotriomorfné, zaoblené, miestami až okrúhle, značne rozrušené. Miestami sú značne korodované alebo vytvárajú framboidy. V niektorých častiach sú vytvárané pásikované až šošovkovito-pásikované textúry. Pásikované textúry vznikli pri rytmickej sedimentácii. Pásiky sú tvorené nepravidelne, ich šírka je rôzna. V týchto pásikoch tvorí pyrit I väčšiu

koncentráciu, ale medzi pásikmi sú jednotlivé zrná rozptýlené. Najčastejšie sú tieto polohy v čiernych bridliciach a sú viazané na čierny grafitický pigment. Okrem niekoľkých prípadov majú výlučne vodivosť typu p s maximom hodnôt v intervale 0 až +500 $\mu\text{V}/\text{deg}$. Až 67 % z týchto pyritov, ako to vidieť i z obrázka 1A i tabuľky 12, má koeficient produktivnosti vyšší ako 60 %, čo podľa záverov ŽEREBCOVA et al. (1978) zodpovedá možnosti zvýšeného obsahu Au. Tieto vzorky umiestnené v priestore, až na niekoľko výnimiek, sú lokalizované v priestore medzi X. a XI. horizontom, kde je šošovka čiernych bridlíc v okolitých karbonátových horninách (hlavne metasomatický siderit). Časť pyritu I bola formovaná i počas diagenézy. Miestami sa z malých zrníek vytvárajú agregáty. Podľa merania termoelektrického napätia tento pyrit obsahuje p-n typ vodivosti s prevahou typu p. Vodivosť je ovplyvnená hlavne pôvodnými horninami (hlavne čierne bridlice, lydity). Vplyvom diagenézy hodnoty termoelektrického napätia pyritu I klesali až do záporných hodnôt. Pyrit I ovplyvnený diagenézou dosahuje nižšie hodnoty – od -200 do +200 $\mu\text{V}/\text{deg}$.

V regeneračnom štádiu (VARGA in BARTALSKÝ et al., 1974) mikroskopicky vytvára hypidiomorfné až idiomorfné kryštáliky. Možno pozorovať aj kryštalické agregáty pyritu vytvárané okolo framboidálneho jadra. Jadrá týchto agregátov vzniknuté sedimentáciou (pyrit I) sú obklopené agregátmi hypidiomorfných a alotriomorfných kryštálikov pyritu II, pričom pri okrajoch prevládajú hypidiomorfné kryštáliky. Siderit metasomaticky zatláča pyrit I. Tieto pyrity majú zmiešaný typ vodivosti s hodnotami termoelektrického napätia najčastejšie v intervale od -100 do +200 $\mu\text{V}/\text{deg}$. Koeficient produktivnosti majú zriedkavo vyšší ako 60 % (obr. 1B). Tento pyrit je ovplyvnený tým, že sa vyskytuje v SiO_2 žilkách v tmavosivých až čiernych karbonátoch (metasomatický ankerit, siderit) a je tiež viazaný na čierny grafitický pigment. Zvýšená teplota pri metaso-



Obr. 1 Diagramy termoelektrického napätia pyritov

maticko-rekryštalizačných a regeneračných procesoch sa prejavila nižšou hodnotou termoelektrického napätia vodivosti typu p a zvyšovaním počtu i hodnôt vodivosti typu n.

Mladší pyrit III sa vyzrážal na okraji kremenných žíl a polôh. Je súčasťou periódy žilného kremeňa (v zmysle VARČEKA, 1963). Neskôr je rozrušený a kataklázovaný. Metakryštály majú idiomorfny až hypidiomorfny vývoj a vytvárajú hexaédre a pentagondodekaédre. Zatláčajú siderit a vytvárajú hypidiomorfne-metazrnitú až skeletovú štruktúru. Vznikla metasomatickým zatláčaním sideritu, po ktorom ostali reliktiky v pyritových metakryštáloch. Ich skeletový vývoj je miestami vytvorený pôvodnými plochami štiepatelnosti. Pyrit III je mierne kataklázovaný, na okrajoch väčších zrn sú menšie úlomky pyritu. Trhliny v metakryštáloch sú nepravidelné a nemajú nijaký prevládajúci smer. Tieto pyrity majú záporný typ vodivosti, len v niektorých prípadoch sme zistili kladný typ vodivosti s takmer nulovým koeficientom produktivity. Maximum hodnôt alfa je v intervale -400 do $+20 \mu\text{V/deg}$ (obr. 1C).

Po pyrite III, ktorý bol rozrušený a kataklázovaný, vzniká ďalšia generácia pyritu IV, ktorý je súčasťou mladšej sulfidickej periódy. Štruktúra tohto pyritu je kataklastická, miestami orientovane kataklastická v dôsledku kataklázy medzi staršou a mladšou sulfidickou periódou. Táto štruktúra svedčí o dynamometamorfóze. Jednotlivé klasty sú orientované v rôznom smere, čo svedčí o ich pohybe a rotovaní počas mladšej sulfidickej periódy. Trhliny boli vyplnené mladším žilným kremeňom. Po katakláze pyritu III a stmelení sideritom IV vykryštalizovali drobné idiomorfne metakryštály v siderite alebo nepravidelné jemnozrné zhluky v porušených agregátoch pyritu III alebo v ich okolí. Pyrit IV je menej zastúpený ako pyrit III. Pri meraniach termoelektrického napätia pyritu IV sa hodnoty pohybujú okolo $0 \mu\text{V/deg}$.

Nepatrné množstvo pyritu V vzniklo hypogénnou premenou sporadicky zastúpeného pyrotínu. Mikroskopicky vytvárajú paralelné pásiky, mierne ohnuté v dôsledku mierneho zvrásnenia. Táto generácia pyritu je mladšia ako pyrotín. Pyrit V spolu s markazitom vznikol pseudomorfným nahrádzaním pyrotínu. Pre nepatrné zastúpenie a veľmi malé zrnká pyritu sa nemeralo termoelektrické napätie.

Menšia séria kvantitatívnych spektrálnych analýz pyritov preukázala, že ich chemické zloženie je vcelku veľmi jednoduché a až na malé výnimky stabilné. Z analyzovaných prvkov majú Pb a Zn takmer konštantný obsah a pohybujú sa na hranici citlivosti použitej metódy. Odlišnosti v chemickom zložení sa dajú jednoznačne pripísať heterogenite z iných minerálov.

Obsah Ni a Co vykazuje už väčšiu variabilitu takmer vo všetkých sledovaných vzorkách. Ich zastúpenie vzhľadom na stály obsah v mriežke sa považuje za typické pre pyrity celého regiónu SGR a menšie rozdielnosti sú spôsobené jeho vystupovaním v rôznych minerálnych asociáciách.

Ich obsahová závislosť od genetického pôvodu pre menšie množstvo analýz nie je presvedčivá, ale je nutné na ňu upozorniť (tab. 11). Najstaršie pyrity majú obsah Ni a Co v priemere nižší ako pyrity typicky hydrotermálneho pôvodu, čo sa prejavilo i na zmene hodnôt koeficientu termoelektrického napätia (α) – od vysoko kladných pre najstaršie syngenetické pyrity, cez zmiešanú vodivosť pre pyrity z SiO_2 žíl, až po záporné pre najmladšie hydrotermálne žily (tab. 12).

Zaujímavý je výskyt Cu, ktorý vykazuje jasnú tendenciu zvyšovania svojho obsahu od najstarších syngenetických cez menšie sideritové až po typické hydrotermálne žily. Obsah Cu dokumentuje rozdielnosti jednotlivých genetických typov pyritov, ktoré možno z mineralogického hľadiska definovať aj ako jednotlivé generácie pyritu v celom vývojovom procese ložiska.

Chalkopyrit v nepatrných množstvách vytvára svetložlté žilky v pyrite i v žilnom siderite. Mikroskopicky sa vyskytuje v nepatrnom množstve spolu s milleritom, sfaleritom v asociácii s gersdorfitom a pyritom v hniezdach, ktoré sa nachádzajú v kremeňovo-sideritových žilách. Je súčasťou mladšej sulfidickej periódy a je mladší ako pyrit IV a arzenopyrit, ktoré miestami zatláčajú pyrit IV. Tetraedrit je najmä na okraji karbonátových žíl, ktoré niekedy lemuje, niekedy sa strieda s chalkopyritom. Chalkopyrit je zrejme starší, vytvára v tetraedrite zhluky drobných zrníčok v rade za sebou. Vypĺňa tiež pukliny v siderite v smere klencovej štiepatelnosti. Miestami sa chalkopyritová žila vyskytuje spolu s tetraedritom, sfaleritom, galenitom, bournonitom, pričom chalkopyrit je najstarším zo spomínanej asociácie. Na niektorých miestach zrnká a zhluky mladšej generácie žilného ankeritu vnikajú do chalkopyritu a zatláčajú ho. Termoelektrické napätie chalkopyritu II dosahuje záporné hodnoty (-531 až $-430 \mu\text{V/deg}$).

Tab. 11 Kvantitatívne spektrálne analýzy a kvantitatívne analýzy síry v pyritoch

Č. vz.	S %	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ni ppm	Co ppm	Etapa
ANS 25/84b	47,06	51	10	18	36	178	syngene- tická
ANS 8/87	48,03	31	18	18	210	71	
ANS 3/88	48,78	87	10	43	178	87	
ANS 17/88	47,15	49	10	35	15	69	
ANS 18/88	48,69	86	10	32	59	95	
ANS 38/88	47,77	30	21	13	378	80	
ANS 70/88b	50,54	63	10	20	12	16	
ANS 76/88	49,67	90	10	20	12	16	
ANS 77/88	47,23	45	10	32	2 410	67	
ANS 77/88i	46,36	10	10	44	98	98	
H-5	49,88	87	10	34	122	19	
ANS 48/87	48,69	144	10	112	42	19	sideritová
ANS 132/88	47,29	141	160	23	305	150	
ANS 21/88	48,92	141	10	20	17	10	
ANS 71/88	48,35	190	10	14	2 266	7	
H-9	49,71	164	187	50	8 491	789	
ANS 43/87	47,29	14 314	881	1 665	316	915	kremeňovo- -sulfidická
ANS 12/88a	49,49	1 658	5 067	41	506	350	
ANS 74/88	47,39	911	10	64	1 019	10	

Analýzovala: KAVULEKOVÁ, GÚDŠ Bratislava

Tab. 12 Hodnoty termoelektrického napätia pyritov

Minerál	α	n	α	n	α	n	α	n
	$\mu\text{V}/\text{deg}$ □		$\mu\text{V}/\text{deg}$ ▣		$\mu\text{V}/\text{deg}$ ⊠		$\mu\text{V}/\text{deg}$ ▣	
pyrit I sedimentárny diagenetický	+366,4	275	+217,6 +64,0	38 50	-77,8	46		
pyrit II	+286,5	26	+138,8	31	-66,5	26		
pyrit III	+333,0	13	+86,9	79	-89,2	58	-349,4	42

Pozn.: □ $> \alpha \geq +220 \mu\text{V}/\text{deg}$
▣ $+220 > \alpha \geq 0 \mu\text{V}/\text{deg}$

⊠ $0 > \alpha \geq -220 \mu\text{V}/\text{deg}$
▣ $-220 > \alpha \geq \mu\text{V}/\text{deg}$

Záver

Mineralizácia nižnoslanského ložiska patrí z genetického, ale aj mineralogického hľadiska k jednej z najzaujímavejších v Spišsko-gemerskom rudohorí. Jej vývoj nebol plynulý. Využívala sa v určitých časovo a priestorovo oddelených samostatných etapách, periódach s charakteristickou minerálnou paragenézou, so zmenou chemického zloženia rudonosných roztokov i termodynamických podmienok vzniku. V rámci svojho formovania bol zrudňovací proces viackrát obnovovaný po intermineralizačnej tektonike. Bohato to dokumentujú štruktúrno-textúrne znaky, ale aj mnohé formy metasomatického zatlačania starších pôvodných minerálov. Len na základe podrobnej analýzy týchto textúrnych znakov a zistenia paragenetických celkov sa nám podarilo rozčleniť celý zrudňovací proces na spomínané časovo vymedzené úseky.

Oprávnenosť nášho konštatovania nám potvrdilo i podrobnejšie štúdium jedného z najrozšírejších mi-

nerálov ložiska – pyritu, najmä zásluhou meraní jeho termoelektrického napätia, ktoré vykázalo v rôznych minerálnych asociáciách, resp. genetických typoch, rôzne hodnoty. Pyrity podľa hodnôt termonapätia a mineralogického štúdia môžeme rozdeliť na tri skupiny:

1. pre najstaršie pyrity lokalizované v grafitických bridliciach – syngenetický typ zrudnenia – je charakteristická prevaha kladných hodnôt vodivosti.
2. pre pyrity z kremeňových žíl v siderite je charakteristická prevaha p-n typu vodivosti.
3. pre pyrity vystupujúce na najmladších hydrotermálnych žilách je charakteristická prevaha záporných hodnôt vodivosti.

Okolo 70 % sledovaných pyritov je sedimentárneho pôvodu, prípadne sú slabo metamorfované s možnosťou výskytu Au. Ostatných 30 % vzniklo za vyššej teploty, resp. boli viac metamorfované.

Literatúra

- ABONYI, A., BEŇO, J. a FURIEL, T., 1963: Geologické pomery metasomatického ložiska sideritu v Nižnej Slanej. Geol. Práce, Zpr. (Bratislava), 29, 57–67.
- BARTALSKÝ, J. et al., 1974: Geologicko-ložisková štúdia Spišsko-gemerského rudohoria. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 373 s.
- BEŇO, J., 1960: Výskyt bulanžeritu a evansitu v Nižnej Slanej. Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 19, 153–155.
- DEPTA, M., 1985: Paragenetické pomery hlbšej časti ložiska Nižná Slaná. Manuskript – KNS PriF UK Bratislava, 105 s.
- ĎURŽA, O., 1981: Elektrické vlastnosti sulfidických minerálov v závislosti na ich chemizme. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 111 s.
- ĎURŽA, O. a CHOVAN, M., 1981: Termoelektrické napätie pyritu z ložiska Dúbrava. Miner. slov. (Bratislava), 13, 2, 185–190.
- GAJDOŠ, V. a ĎURŽA, O., 1981: Merný elektrický odpor, koeficient usmernenia a diferenciálne termoelektrické napätie niektorých rudných minerálov. Miner. slov. (Bratislava), 13, 3, 263–268.
- HÁBER, M., JELEŇ, S. a JELEŇ, M., 1993: Amalgám striebra z Nižnej Slanej a Novoveskej Huty (Spišsko-gemerské rudohorie). Miner. slov. (Bratislava), 25, 1, 45–50.
- LŐRINCZ et al., 1989: Nižná Slaná – okolie VP. Manuskript – GP Rožňava, 257 s.
- MIHÓK, J., 1981: Základné údaje o distribúcii As na ložisku Nižná Slaná. Manuskript – VŠB Košice, 65 s.
- SLÁVIK, J. et al., 1987: Nerastné suroviny Slovenska. SVTL Bratislava, 510 s.
- VARČEK, C., 1963: Sulfidická mineralizácia na metasomatickom železorušnom ložisku Manó v Nižnej Slanej. Manuskript KNS PriF UK Bratislava, 77 s.
- VARČEK, C., 1971: Potvrdenie identifikácie niektorých akcesorických Ni-minerálov zo sideritových ložísk Spišsko-Gemerského rudohoria pomocou elektrónovej mikrosopy. Miner. slov. (Bratislava), 3, 11, 231–236.
- VARČEK, C., 1973: Paragenetické a geochemické pomery na hydrotermálnych ložiskách SGR. In: Geologické ložiskové štúdie SGR. Manuskript – archív GS SR Bratislava, 122 s.
- ŽEREBCOV, JU. D. et al., 1978: O možnosti ocení zón sulfidnej mineralizácii na zoloto po elektrofyzikálnych svojstvách pyritov. Izv. Akad. Nauk. Kaz. SSSR, Ser. geol., N3, s. 44–50.

Mineralogy, paragenesis, geochemistry and thermoelectric power of pyrites from the Nižná Slaná deposit

Summary

On the basis of detailed analysis of textural - structural features, intermineralization tectonics, mineral associations and paragenetic relationships we can contend that the deposit's mineral filling developed discontinuously, during three independent stages and several mineralization periods.

The oldest stage of mineralization is represented by sulphidic mineral accumulations emplaced in the hanging wall of the siderite-ankerite lenses, which, due to their genetic features, their development and location amidst shaly host

rocks with graphitic admixture and lydites, were classified as stratiform.

The younger mineralization - the sideritic one - differs from the former by textural-structural features and by composition. The metasomatic siderites and ankerites, as the main ore minerals mined in the past and at present, represent the bulk of mineral filling. To make the picture of the deposit complete there are other, complementary minerals, with no economic value.

The quartz - sulphidic mineralization was formed during the third stage. The tectonic reworking, which predated its development, its structural pattern and typical mineral filling clearly demonstrates its independent standing. During this stage the entire mineralizing process took place in the following three periods:

1. the older, quartz - sulphidic one, distinguished quite clearly due to its position, is represented by quartz veinlets associating with pyrite and arsenopyrite, which started the precipitation along with some quartz. However, the other mineralization, predominated by gersdorffite, is more interesting.

2. the younger, quartz - sulphidic one, is clearly separated from the others by intermineralization tectonics. Although less distinct a mineralization than in other deposits of the Spišsko-gemerské rudohorie Ore Mts., the bulk being represented by quartz IV, pyrite IV and arsenopyrite, while the rest of minerals in only subordinate amounts, this mineralization has irregular position and often indistinct distribution, which makes it the most variable from the whole deposit.

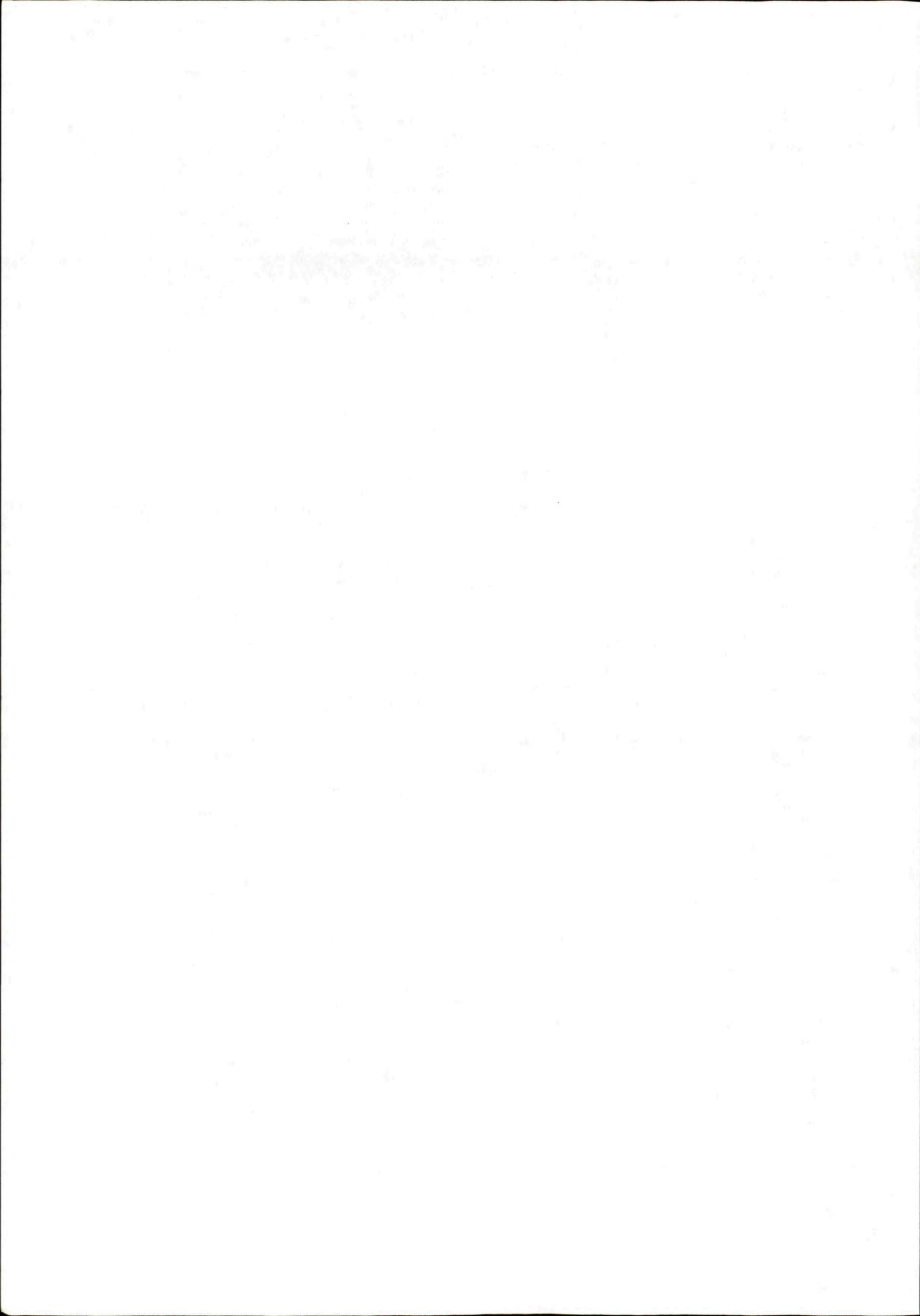
3. Cinnabarite mineralization. Its independent standing is supported by both, its position and the changes in chemistry of the hydrothermal process. Tetrahedrite with increased contents of Ag and Hg prevails mainly in the footwall of the deposit, while in the hanging wall there predominates cinnabarite.

The measurements of thermoelectric power in pyrites support the above classification. The values range from positive (+366 $\mu\text{V}/\text{deg}$) for the oldest syngenetic, through mixed values for the pyrites of the siderite stage, to negative values (-349 $\mu\text{V}/\text{deg}$) for the youngest hydrothermal veins. Some 70 % of investigated pyrites have sedimentary origin, or are slightly metamorphosed, with possible admixture of Au. Some 30% of pyrites formed under higher temperatures, or were more intensively metamorphosed. Their origin may be associated with the generation of quartz.

Mineralogical research into thermoelectric power of pyrites provides a new information on sulphidic ores in the Nižná Slaná deposit. It was, in fact, the most complex mineralogical research carried out ever into its mineralization. The obtained results can be used subsequently to assess this mineralization in terms of its origin and mineralization succession.

Explanation to the figure

Fig. 1 Diagrams of thermoelectric power in pyrites



DUŠAN BODIŠ – SILVIA BOROSOVÁ

Hydrogeochemické zhodnotenie minerálnych a geotermálnych vôd Liptovskej kotliny: aplikácia faktorovej analýzy

3 obr., 2 tab.

Kľúčové slová: minerálne vody, geotermálne vody, hydrogeochemia, faktorová analýza, chemické geotermometre

Abstract. The aim of this work was to re-evaluate to date results of hydrogeochemical research carried out in the area of Liptovská kotlina depression by means of multivariation statistical methods. Assembled hydrochemical raw data were processed using the factor analysis and the results were used to assess the origin of mineral and geothermal waters. This way the existing classification of mineral waters of the Liptovská kotlina depression into petrogenic, marinogenic and mixed types could be supported. An additional achievement was establishing of new chemical geothermometers based on the SiO_2 and SO_4 contents, respectively, and the check up of their possible application in the Western Carpathian environment.

Úvod

Liptovská kotlina svojou bohatosťou a pestrým zložením minerálnych vôd zaujíma popredné miesto na Slovensku. Viaže sa na ňu veľký počet prírodných prameňov minerálnych vôd, ale aj výskyt geotermálnych vôd, zistených hlbokými vrtmi. Pramene sú v kotline sústredené najmä v západnej časti, na severnom a južnom okraji, čiastočne aj v strede. Vo východnej časti sú pramene menej časté. Bohatosť výskytu minerálnych vôd je podmienená geologicko-tektonickou stavbou kotliny, jej podložia a priľahlých pohorí, ktorá je priaznivá na vytváranie hydrogeologických štruktúr s početnými vývermi minerálnych vôd. Veľmi dobre priepustné karbonáty triasu, ktoré vystupujú na svahoch pohorí priľahlých k Liptovskej kotline a ponárajú sa pod nepriepustnú paleogénnu výplň kotliny, predstavujú infiltračné oblasti podzemných vôd hlbšieho obehu. Výstupové cesty minerálnych vôd sú viazané prevažne na tektonické poruchy, hlavne na miesta križovania dvoch zlomových systémov.

Cieľom práce bolo prehodnotiť výsledky získané doterajším hydrogeochemickým výskumom v oblasti Liptovskej kotliny (HORNUNG, 1977; FRANKO et al., 1979; KLAGO et al., 1981; FENDEK et al., 1988; REMŠÍK et al., 1990, 1992, 1993). Zamerali sme sa hlavne na interpretáciu genézy minerálnych a geotermálnych vôd pomocou multivariačných štatistických metód, t. j. pokúsili sme sa pomocou matematických postupov spracovať výsledky chemického zloženia vôd do genetickej interpretácie a porovnať ich s doterajšími poznatkami.

Zhromaždenie a výber hydrogeochemického dokumentačného materiálu

Vybraný hydrogeochemický dokumentačný materiál pozostával z 251 chemických analýz minerálnych vôd Liptovskej kotliny a zo základných údajov o zdrojoch. Ako kritérium výberu tohto reprezentatívneho súboru bola stanovená hodnota celkovej mineralizácie 1 000 mg/l, hodnota obsahu rozpusteného CO_2 vo vode 1 000 mg/l, alebo prítomnosť H_2S ako kritérium pre minerálne vody a ekvivalentovú bilanciu medzi kationmi a aniónmi, ktorá neprevyšuje 5 % ako kritérium na reprodukovateľnosť chemických analýz. Niektoré chemické analýzy prevažne staršieho dáta boli nepoužiteľné pre neúplnosť (napr. bola stanovená len suma alkálií a pod.). Z toho vyplynulo aj ďalšie výberové kritérium, a to kompletná chemická analýza. Pri zhromaždení a výbere zdrojových údajov boli použité tieto práce: GAZDA (1975), BOČA a TYLEČEK (1976), KRAHULEC et al. (1977, 1978), TYLEČEK (1978), FRANKO et al. (1979), KLAGO et al. (1981), FATUL a JALČ (1985), GRECH a MEDVEĐOVÁ (1988), FENDEK et al. (1988), REMŠÍK et al. (1990, 1992), VANDROVÁ a MATEJČEKOVÁ (1991) a MALATINSKÁ (1993).

Diskusia

Pri interpretácii genézy podzemných vôd je prvým dôležitým krokom nájsť inhomogenity v súbore dát a identifikovať a definovať typy podzemných vôd (vytvoriť homogénne skupiny), pričom každá z nich má typické zloženie podľa makrochemizmu, svoj zdroj a históriu vývoja. Klasifikácia hydrogeochemických dát na jednotlivé typy je pomerne zložitá. V súčasnosti existuje veľké množstvo deterministických a štatistických klasifikačných metód. Zároveň je však otázna ich interpretácia, pretože možno vysloviť pochybnosti, či vôbec existuje objektívna genetická klasifikácia chemického zloženia podzemných vôd, ktorá by zároveň zohľadňovala zdroj, hydrogeologicko-hydrogeochemické podmienky obehu, kombináciu dominantných geochemických procesov, antropogénny impakt na celý systém a z toho vyplývajúce zmeny miery kontaminácie.

Zaujímavým a pomerne účinným nástrojom (nie všeobecne platným) je použitie multivariačných štatistických metód pri riešení uvedenej problematiky. Dokazuje to aj porovnanie klasifikácie geotermálnych vôd karbonátov mezozoika Západných Karpát klasickou metódou podľa Gazdových indexov a výsledkami združovacej analýzy (metóda "najbližšieho suseda"), kde vo vyhranených typoch bola dokázaná dobrá zhoda (BODIŠ, 1987). V prípade výskytu vôd veľmi podobného chemického zloženia (geotermálne vody podložia slovenskej časti Viedenskej panvy) na ich "genetické" odlišenie bola účinne použitá faktorová analýza (BODIŠ, 1987; BODIŠ, KLAUČO a REMŠÍK, 1987).

Na porovnanie interpretácie klasickou metódou podľa Gazdových indexov a multivariačnej štatistickej metódy bola použitá faktorová analýza, ktorej výhodou je do istej miery aj možnosť genetických záverov. Podrobnejšie o samotnej metóde pozri napr. ÜBERLA (1976). K nevýhodám patria nejednoznačnosť výsledkov (problém rotácie) a nutnosť zadať počet extrahovaných faktorov ešte pred vlastnou analýzou.

Do výpočtu bolo zahrnutých 150 vzoriek prameňov s 10 premennými a 79 vzoriek vrtov s 11 premennými. Výsledkom bola faktorová štruktúra tzv. rotovaných faktorov (ortogonálna rotácia typu Varimax). Na základe týchto hodnôt pre každý faktor a premennú (tzv. faktorové saturácie) bola realizovaná vlastná interpretácia faktorov. Hodnoty faktorových saturácií sa pohybujú v intervale -1 až +1 a hovoria o zastúpení tej-ktorej premennej v samotnom faktore. Inými slovami, špecifikujú mieru, akou sa jednotlivé premenné podieľajú na tvorbe faktora. Štatisticky významné sú hodnoty faktorových saturácií od -1 do -0,5 a od +0,5 do +1.

Z metodického hľadiska je potrebné osobitne sa zmieniť o voľbe počtu extrahovaných faktorov. Ako hlavné kritérium sme použili scree-test, resp. Hornov test (ÜBERLA, 1976) (obr. 1). Podľa hodnôt vlastných čísel sme definitívny počet faktorov upravili pre obidva súbory na tri.

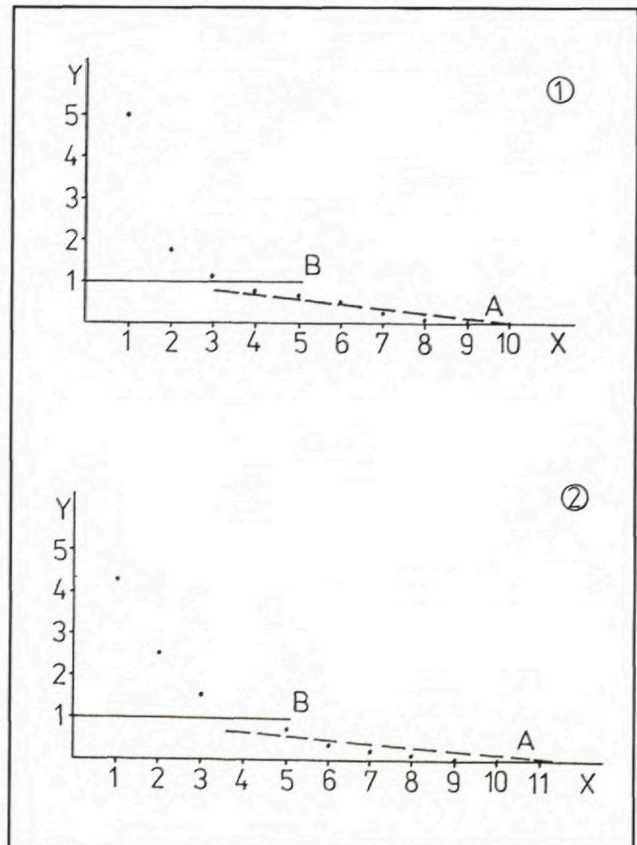
Definitívna faktorová štruktúra pre pramene minerálnych vôd Liptovskej kotliny je znázornená na obr. 2. Obsahuje tri faktory. Prvý faktor – petrogénny – je charakteristický vysokými pozitívnymi saturáciami celkovej mineralizácie, iónov Ca, Mg, HCO₃ a SO₄, pH a teploty vody. Z toho teda vyplýva, že tieto vody svoje chemické zloženie formujú procesmi interakcie hornina–voda, a to hlavne rozpúšťaním karbonátov a sadrovca, resp. anhydritu, a vzniká tak Ca-Mg-SO₄-HCO₃ typ minerálnych vôd s charakteristicky zvýšenou teplotou. Pre faktor 2 je typická dominancia iónov Na a Cl a nazvali sme ho morský, pretože reprezentuje vplyv marinogénnej zložky. Tretí faktor je charakterizovaný vysokou pozitívnou saturáciou CO₂. Nazvali sme ho faktor vplyvu CO₂, pretože vyčleňuje uhličitú minerálnu vodu prameňov Liptovskej kotliny.

Na obr. 3 je znázornená definitívna faktorová štruktúra minerálnych vôd z vrtov Liptovskej kotliny. Prvý faktor zahŕňa ióny Na, K a Cl, SiO₂ a teplotu vody. Reprezentuje vody so zvýšenou teplotou, t. j. s hlbším obehom, pričom smerom do hĺbky sa zvyšuje obsah

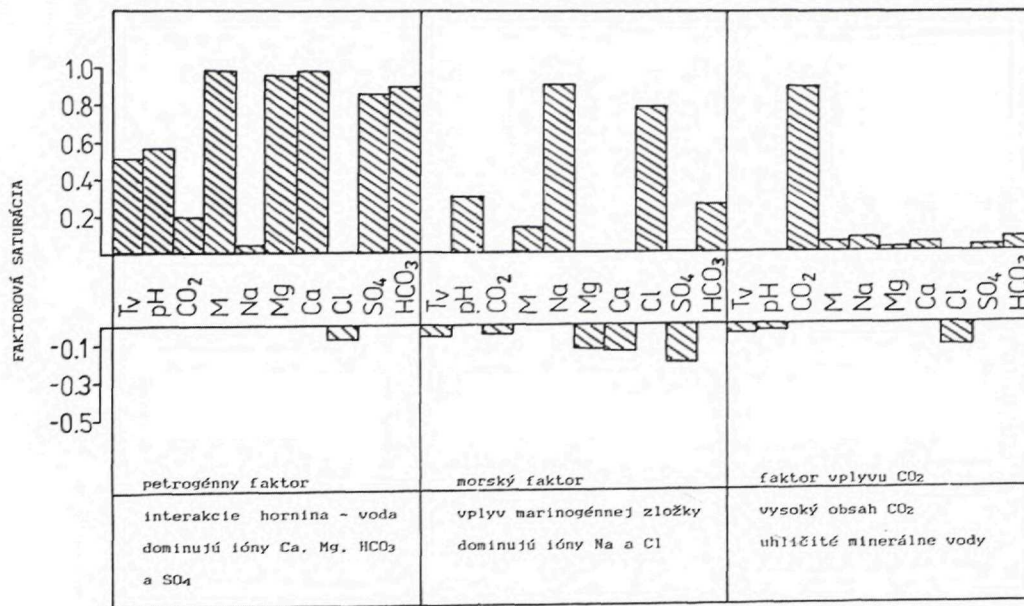
SiO₂ ($r_{\text{SiO}_2-h} = 0,682$) a aj podiel marinogénnej zložky (obsah Na, K a Cl). Preto sme tento faktor nazvali hĺbkový faktor. Pre druhý faktor, nazvaný petrogénny, je typický obsah iónov Ca, Mg a HCO₃, ktoré majú vplyv aj na zvýšenie celkovej mineralizácie. Uvedené ióny sú charakteristické pre petrogénne karbonátogénne vody, pri tvorbe ktorých sa uplatňujú prevažne interakcie hornina–voda. Faktor 3 je charakterizovaný pozitívnou saturáciou SiO₂ a iónov SO₄ so vzťahom k teplote vody. Nazvali sme ho teplotný, pretože vyjadruje závislosť obsahu SiO₂ a SO₄ vo vodách od teploty vody, od hĺbky obehu a môže sa využiť ako chemický geotermometer.

Z uvedeného vyplýva, že faktory môžu do veľkej miery charakterizovať vnútorné vzťahy medzi jednotlivými iónmi v minerálnych vodách. Zároveň môžu vo všeobecnosti charakterizovať aj procesy tvorby chemického zloženia minerálnych vôd.

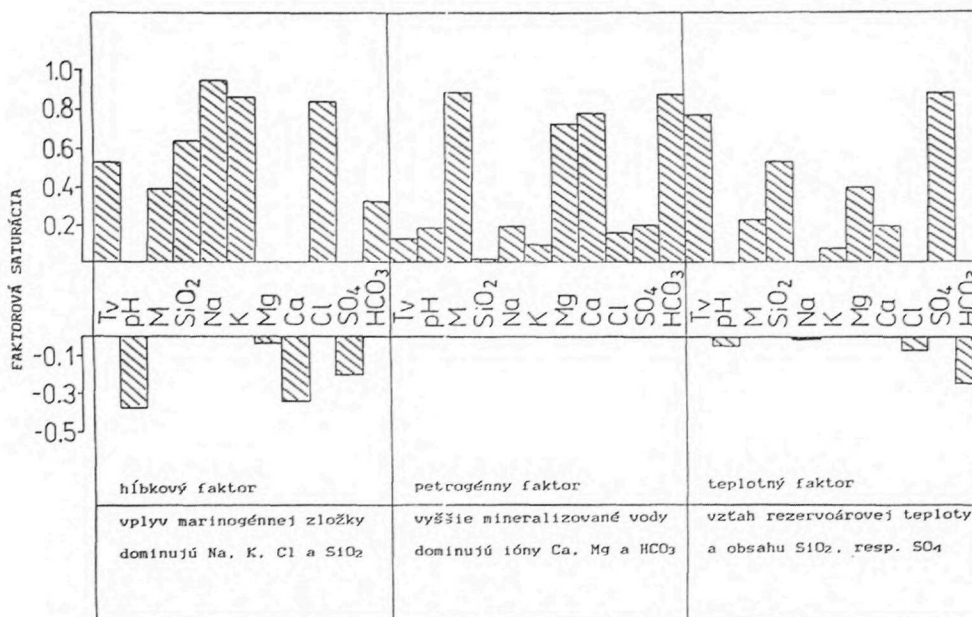
Pre minerálne vody prameňov Liptovskej kotliny boli na základe výsledkov faktorovej analýzy a použitých klasifikácií potvrdené nasledujúce genetické typy: petrogénne minerálne vody a v ich rámci vody karbonátogénne, sulfátogénne, silikátogénne, hydrosilikátogénne a prechodné karbonáto-sulfátogénne (faktor 1 – petrogénny, formovanie chemického zloženia vôd procesmi interakcie hornina–voda) a zmiešané minerálne vody s rôzne výrazným vplyvom marinogénnej Na-Cl



Obr. 1 Scree-test (A) a Hornov test (B) na určenie počtu extrahovaných faktorov
X – zoradenie faktorov, Y – hodnoty vlastných čísel, 1 – pramene, 2 – vrtvy.



Obr. 2 Definitívna faktorová štruktúra – pramene



Obr. 3 Definitívna faktorová štruktúra – vrty

zložky (zastúpenie faktora 1 a 2). Karbonátogénne minerálne vody Liptovskej kotliny (FRANKO et al., 1979) sa formujú v karbonatických komplexoch mezozoika chočského a križňanského príkrovu priľahlých pohorí (hlavne Chočských vrchov a Nízkych Tatier), v prípade nevýrazného karbonátogénneho typu vôd sa sčasti dostávajú do styku so sadrovconosnými plochami permo-verfenu a obohacujú sa o zložku S₂(SO₄). Podobnú genézu majú aj sulfátogénne a prechodné karbo-

nato-sulfátogénne minerálne vody. Vyskytujú sa tu aj minerálne vody viazané na flyšový vývoj paleogénu, ktoré sa môžu zaradiť ku karbonátogénnym alebo hydrosilikátogénnym minerálnym vodám (LM-34 v Kanskej, uplatnenie iónovymenných procesov). Posledným typom petrogénnych vôd v Liptovskej kotline sú silikátogénne minerálne vody, ktoré sú viazané na horniny kryštalinika Vysokých a Západných Tatier, prípadne na glaciáluálne sedimenty na ich úpäti. K zmiešanému

typu minerálnych vôd je možné zaradiť minerálnu vodu prameňa LM-139 v Žiari. Na jeho zložení sa podieľajú silikátogénne minerálne vody a vody paleogénu hlbšieho obehu s výraznou marinogénnou zložkou, pričom zloženie minerálnej vody sa v čase mení.

Pre Liptovskú kotlinu je charakteristický vysoký obsah rozpusteného CO₂ v minerálnych vodách, t. j. výskyt silno uhličítých minerálnych vôd. Túto skutočnosť vyjadruje faktor vplyvu CO₂ (faktor 3), charakterizovaný vysokou pozitívnou saturáciou CO₂. Do tejto skupiny patrí väčšina minerálnych vôd v Liptovskej kotline, nezriedka je obsah CO₂ vyšší ako 2 000 mg/l. Minerálne vody sa obohacujú o CO₂ juvenilného pôvodu (FRANKO et al., 1979) v transportno-akumulačnej a výstupovej fáze hydrogeologického obehu, ktorý vystupuje po zlomoch a poruchových líniiach. Výrazne sa podieľa na rozpúšťaní hydrogeochemicky významných horninotvorných minerálov, a tým zvyšuje hodnotu celkovej mineralizácie minerálnych vôd.

Pre minerálne vody vrtoch Liptovskej kotliny, ktoré vlastne reprezentujú geotermálne vody, boli metódou faktorovej analýzy potvrdené prakticky petrogénne, marinogénne a zmiešané typy vôd. Na základe klasických hydrogeochemických metód ich vyčlenili REMŠÍK et al. (1993). Výsledky faktorovej analýzy sú reprezentované štruktúrou s tromi faktormi (obr. 3). Prvý faktor – hlbkový – zahŕňa vody marinogénneho a zmiešaného typu. K marinogénnym vodám je možné zaradiť minerálnu vodu z vrtu VL-1 vo Vlachoch, ktorá formuje svoje chemické zloženie v hlbších častiach flyšovej litofácie paleogénu. Smerom do hĺbky vzrastá celková mineralizácia týchto vôd a zvyrazňuje sa ich Na-Cl charakter [S₁(Cl) zložka]. Typickým reprezentantom zmiešaného typu minerálnych vôd je vrt ZGL-2/A

v Liptovskom Trnenci. Na tvorbe chemického zloženia tejto geotermálnej vody sa podieľajú v rôznom pomere karbonáto-sulfátogénne a marinogénne geotermálne vody. Chemicky sú to vody základného nevýrazného Ca-Mg-HCO₃ typu s podielom Na-SO₄ zložky [S₁(SO₄)]. Určenie genézy týchto vôd je však komplikovanejšie, problémom je zvýšený obsah SiO₂, Na, K a Cl. Vody sa pravdepodobne formujú v karbonátoch krížňanského príkrovu Chočských vrchov (vysoký obsah SO₄ a Sr).

Druhý faktor – petrogénny – vyjadruje výskyt karbonátogénnych, karbonáto-sulfátogénnych a sulfátogénnych vôd vo vrtoch Liptovskej kotliny. V hlbokých geotermálnych vrtoch sa vyskytujú všetky tri typy vôd v závislosti od hĺbky, v ktorej sa formujú (REMŠÍK et al., 1993).

Faktor 3 – teplotný – sme sa pokúsili využiť ako chemický geotermometer, teda na odhad rezervoárovej teploty geotermálnych vôd. Odhad teploty je založený na predpoklade, že geochemický systém, ktorého teplota sa zisťuje, je v termodynamickú a chemickú rovnováhu (BODIŠ, 1987). Na zistenie vzťahu medzi SiO₂, resp. SO₄ a teplotou vody sme použili metódu lineárnej regresnej analýzy. Na jej základe boli odvodené nasledujúce vzťahy:

$$T_{\text{vyp.}} = 7,9617 + 1,2674 + \text{SiO}_2 \text{ (}^\circ\text{C)};$$

$$T_{\text{vyp.}} = 5,1788 + 0,0334 + \text{SO}_4 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Obsah SiO₂ a SO₄ je uvedený v mg/l.

Na porovnanie sme pri výpočte rezervoárovej teploty pomocou obsahu SiO₂ použili aj chalcedónový geotermometer (VAUTAZ, 1982):

$$T_{\text{chalc.}} = 1032 / (4,69 - \log \text{SiO}_2) - 273 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Podmienka: T < 250 °C.

Vypočítaná teplota je uvedená v tab. 1 a 2.

Tab. 1 Odhad rezervoárovej teploty pomocou SiO₂ geotermometra

Vrt	Hĺbka (m)	SiO ₂	T*	T _{vyp.}	T _{chalc.}
Bešeňová BEH-1	90,25 p	19,25	25,0	32,4	30,0
	94,50 h	20,50	28,0	33,9	32,5
	156,30 h	21,75	26,0	35,5	34,8
	170,05 p	17,25	28,5	29,8	25,9
	420,10 p	31,40	33,0	47,8	50,2
Bešeňová ZGL-1	1390,00 h	34,00	64,3	51,1	53,7
	1510,00 h	30,00	65,0	46,0	48,2
	1730,00 h	31,00	68,1	47,3	49,6
	1880,00 h	30,00	68,1	46,0	48,2
	1987,00 h	35,60	61,5	53,1	55,8
Lipt. Trn. ZGL-2/A	1600,00 h	33,80	65,6	50,8	53,5
	1700,00 h	34,10	69,0	51,2	53,9
	1754,75 p	40,80	61,0	59,7	62,1
	2055,25 p	43,20	61,0	62,7	64,9
	2400,00 h	33,80	82,0	50,8	53,5
Lipt. Kokava ZGL-3	1460,00 h	22,20	44,6	36,1	35,6
	1732,00 p	24,40	26,4	38,9	39,5
	1732,00 p	22,60	40,0	36,6	36,4
	1732,00 p	23,00	38,5	37,1	37,1
	1755,00 h	24,05	45,4	38,4	38,9
	1980,00 h	22,20	45,7	36,1	35,6
	2000,00 h	22,90	45,9	37,0	36,9

Poznámka: h – hlbinná vzorka, p – odber na ústí vrtu, SiO₂ – obsah SiO₂ v mg/l, T* – teplota nameraná (°C), T_{vyp.} – teplota vypočítaná podľa vzťahu z regresnej analýzy (°C), T_{chalc.} – teplota vypočítaná podľa chalcedónového geotermometra (°C).

Tab. 2 Odhad rezervoárovej teploty pomocou SO₄ geotermometra

Vrt	Hĺbka (m)	SO ₄	T*	T _{vy} p
Bešeňová BEH-1	90,25 p	611,10	25,0	25,6
	94,50 h	618,90	28,0	25,9
	156,30 h	625,50	26,0	26,1
	170,05 p	808,60	28,5	32,2
	420,10 p	1170,72	33,0	44,3
Bešeňová ZGL-1	1390,00 h	1416,70	64,3	52,5
	1510,00 h	1427,70	65,0	52,9
	1730,00 h	991,10	68,1	38,3
	1880,00 h	867,60	68,1	34,2
	1987,00 h	1391,70	61,5	51,7
Lipt. Trnovec ZGL-2/A	1600,00 h	924,40	65,6	36,1
	1700,00 h	923,70	69,0	36,0
	1754,75 p	962,30	61,0	37,3
	2055,25 p	973,20	61,0	37,7
	2400,00 h	924,40	82,0	36,1
Lipt. Kokava ZGL-3	1460,00 h	1045,40	44,6	40,1
	1732,00 p	1035,10	26,4	39,8
	1732,00 p	1061,25	40,0	40,6
	1732,00 p	1070,10	38,5	40,9
	1755,00 h	1125,80	45,4	42,8
	1980,00 h	1125,80	45,7	42,8
	2000,00 h	1056,00	45,9	40,4
Chalmová Ch-2	-	1027,24	39,0	39,5
Kováčová K-1	-	1320,03	46,2	49,3
Sk. Teplice V-2	-	1483,87	52,5	54,7

Poznámka: h – hlbinná vzorka, p – odber na ústí vrtu, SO₄ – obsah SO₄ v mg/l, T* – teplota nameraná (°C), T_{vy}p – teplota vypočítaná podľa vzťahu z regresnej analýzy (°C).

Pri použití SiO₂ ako geotermometra je vypočítaná teplota nižšia ako nameraná, len pri vrte BEH-1 je vyššia. V prípade nižšej teploty skúmané vody majú nízky obsah SiO₂. To sa dá v oblasti Liptovskej kotliny predpokladať, pretože geotermálne vody z uvedených vrtov patria ku karbonátogénnym vodám. Nie je tu teda dosiahnutá termodynamická rovnováha, ktorá je hlavným predpokladom odhadu teploty. Teplota vypočítaná pomocou chalcedónového geotermometra je prakticky v zhode s teplotou podľa zisteného SiO₂ geotermometra. Je to v súlade s výsledkami termodynamickej analýzy, kde chalcedón je v systéme voda–hornina v rovnovážnom stave.

Pri použití SO₄ geotermometra je vypočítaná teplota v lepšej zhode s nameranou, pretože medzi skúmanými geotermálnymi vodami sú aj vody karbonáto-sulfátogénneho a sulfátogénneho genetického typu. V niektorých prípadoch však nebola dosiahnutá termodynamická rovnováha v systéme voda–sadrovec. Na porovnanie sme vypočítali teploty pre čisto sulfátogénne vody z lokalít Chalmová, Kováčová a Sklené Teplice. Údaje sme prevzali z práce FRANKO et al. (1975). Vypočítaná teplota sa prakticky zhoduje s nameranou, čo potvrdzuje použiteľnosť tohto geotermometra pre sulfátogénne a prechodné karbonáto-sulfátogénne geotermálne vody v podmienkach Západných Karpát.

Záver

Z výsledkov práce vyplýva, že na študovanie genézy minerálnych vôd je možné použiť aj matematické postupy, tzv. multivariačné štatistické metódy, konkrétne metódu faktorovej analýzy. Jej výsledky spolu so súborom geologických, tektonických, hydrogeologických a geochemických poznatkov podávajú komplexný pohľad na problematiku skúmania genézy minerálnych vôd ktorejkoľvek oblasti. Odvozené chemické geotermometre je možné aplikovať na výpočet rezervoárovej teploty uvedených genetických typov geotermálnych vôd v podmienkach Západných Karpát.

Literatúra

- BODIŠ, D., 1987: Geochémia geotermálnych vôd karbonátov mezozoika Západných Karpát. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 147 s.
- BODIŠ, D., KLAUČO, S. a REMŠÍK, A., 1987: Aplikácia faktorovej analýzy pre riešenie genézy geotermálnych vôd Miner. slov. (Košice), 20, 4, 148–156.
- BOČA, M. a TYLČEK, B., 1976: Liptovský Trnovec – dom rádzneho – studňa – hydrogeologický prieskum. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 4 s.

- FATUL, R. a JALČ, D., 1985: Závažná Poruba – vodný zdroj pre Stredisko produktívnej starostlivosti a Energetický dispečing, hydrogeologický prieskum – poloprevádzková čerpacia skúška na vrte HN-31. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 9 s.
- FENDEK, M. et al., 1988: Správa o výskumnom geotermálnom vrte ZGL-1 v Bešeňovej – overenie prognózných zdrojov geotermálnej energie Liptovskej kotliny-západ. Manuskript-archív GS SR, Bratislava, 85 s.
- FRANKO, O., GAZDA, S. a MICHALÍČEK, M., 1975: Tvorba a klasifikácia minerálnych vôd Západných Karpát. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 230 s.
- FRANKO, O., BODIŠ, D., GAZDA, S. a MICHALÍČEK, M., 1979: Hydrogeologické vyhodnotenie Liptovskej kotliny z hľadiska výskytu minerálnych vôd. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 61 s.
- GAZDA, S., 1975: Chemizmus podzemných vôd paleogénnych sedimentov strednej časti Liptovskej kotliny. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 4 s.
- GRECH, J. a MEDVEĐOVÁ, M., 1988: Bešeňová – hydrogeologický prieskum pre rekreačné stredisko. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 23 s.
- HORNUNG, T., 1977: Hydrogeochemické zhodnotenie podzemných vôd Liptovskej kotliny. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 14 s.
- KLAGO, M., REBRO, A. a ŽIDEK, L., 1981: Liptovská kotlina – minerálne vody, balneohydrogeologická štúdia. Manuskript-archív GS SR, Bratislava, 61 s.
- KRAHULEC, P., REBRO, A., UHLIARIK, J. a ZEMAN, J., 1977: Minerálne vody Slovenska 1, Balneografia a krenografia. Martin, Vydavateľstvo Osveta, 453 s.
- KRAHULEC, P., REBRO, A., UHLIARIK, J. a ZEMAN, J., 1978: Minerálne vody Slovenska 2, Krenografia. Martin, Vydavateľstvo Osveta, 1 040 s.
- MALATINSKÁ, M., 1993: Minerálne vody podtatranskej oblasti. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 53 s.
- REMŠÍK, A. et al., 1990: Správa o výskumnom geotermálnom vrte ZGL-3 Liptov v Liptovskej Kokave. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 82 s.
- REMŠÍK, A. et al., 1992: Správa o výskumnom geotermálnom vrte ZGL-2/A Liptov v Liptovskom Trnenci. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 68 s.
- REMŠÍK, A., FENDEK, M., KRÁL, M., BODIŠ, D. a MICHALKO, J., 1993: Geotermálna energia Liptovskej kotliny. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 112 s.
- TYLEČEK, B., 1978: VD – Bešeňová – chemické rozbor. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 12 s.
- ÜBERLA, K., 1976: Faktorová analýza. 2. vydanie. Bratislava, Vydavateľstvo Alfa, 65 s.
- VANDROVÁ, G. a MATEJČEKOVÁ, E., 1991: Liptovský Ján – Jánska dolina – termálny vrt Rudolf. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 12 s.
- VAUTAZ, F. D., 1982: Hydrogéologie, géochimie et géothermie des eaux thermales de Suisse et des régions alpines limitrophes. Mater. géol. Suisse, Sér. Hydrogeol. (Zürich), 27, 20 – 23.

List of figures

Fig. 1 Scree-test (A) and Horn's test (B) to assess the number of extracted factors
X-order of factors, Y-values of proper numbers
1-springs, 2-wells.

Fig. 2 Ultimate factor structure - springs

Fig. 3 Ultimate factor structure-wells

List of tables

Table 1 Estimate of reservoir temperature by means of SiO₂
Note: h – sample from the depth, p – sample from the collar, SiO₂ – SiO₂ content in mg/l, T* – measured temperature (°C), T_{vyp} – temperature calculated from the relation from regression analysis (°C), T_{chalc} – temperature calculated using chalcedony geothermometer (°C).

Tab. 2 Estimate of reservoir temperature by means of SO₄ geothermometer
Note: h – sample from the depth, p – sample from the collar,

DIONÝZ VASS¹, KATARÍNA HOLCOVÁ², STANISLAV KAROLÍ³ a DANICA SUBALLYOVÁ⁴

Príspevok k poznaniu vývoja kladzianskeho súvrstvia (mladší karpát) vo východoslovenskej panve

4 obr., 5 tab., angl. resumé

Kľúčové slová: neskorý spodný miocén, cyklická (paracyklická) sedimentácia, plytkomorské a lagunárne prostredie




Abstract. The HGP-10 well intersected a part of the Kladzany Formation of Karpatian age (Late Miocene). The sediments of this formation are characterized by variations in the grain size within the range sand-silt-clay. Whereas the variegated siltstone predominates in the lower part of the intersected formation, the upper part is predominated by mudstone. The lithological changes as well as the changes in colouration and foraminiferal assemblages are indicative of cyclic oscillations of the sea level, however, the cycles were less intense than the global ones of the third order.

Východoslovenská panva vznikla v neogéne. Jej roztváranie bolo následkom kosej subdukcie európskej litosférickej dosky pod západokarpatsko-panónsku dosku. Panva je situovaná na vrchnej doske kolízneho komplexu, v blízkosti sutúry. Dynamika roztvárania má znaky mechanizmu "pull-apart", t. j. pri roztváraní panvy hlavnú úlohu hrali zlomy s laterálnym pohybom (VASS et al., 1988). Podrobné štúdium krehkých deformácií hornín výplne a okraja panvy poukázali na komplexný charakter procesu roztvárania, ako aj na skutočnosť, že podiel na roztváraní panvy mal aj panónsky astenolit a ním vyvolané rozťahovanie kôry. Tento proces sa uplatnil zvlášť na začiatku karpát (cca 17,5 Ma pred recentom), keď, ako dokumentujú krehké deformácie, v paleostresovom poli dominovala jednoduchá extenzia (KOVÁČ et al., 1995). Panva mala charakter grabenu, ktorý bol zaliaty morom a zapíňal sa klastickými sedimentmi teriakovského súvrstvia. Intenzita extenzie v čase klesala a pre obdobie jej útlmu (stredný karpát) je charakteristická kríza salinity. Záplava sa obmedzila na najhlbšie časti grabenu a v čase opakovaných prerušení spojenia s otvoreným morom v karpatskej čelnej priehlbine, hlavne v sústave malých, prechodných lagún pri sz. okraji panvy, precipitovali sa evapority solnobanského súvrstvia. Na sklonku karpát, ako ukazuje analýza paleonapätia, vertikálna zložka kompresie rotovala do subhorizontálnej pozície a panva sa ocitla v transtenzných podmienkach. Kontrolu nad subsidenciou prevzali zlomy s horizontálnym posunom, viaceré z nich reaktivizované pôvodne poklesové zlomy. Morská záplava v panve sa

rozšírila a panva sa začala zapíňať klastickými sedimentmi kladzianskeho súvrstvia. Rýchlu subsidenciu potvrdzuje značná hrúbka súvrstvia (max. 1 300 m) nakopeného v relatívne krátkom období (cca 0,5 Ma alebo menej). Subsidiencia, ako dokazuje lito- a bio-faciálny charakter kladzianskeho súvrstvia, nemala za následok rýchle prehĺbenie panvy. Zrejme znos klastického materiálu bol dostačujúci na to, aby kompenzoval subsidenciu a zachoval v panve plytko-vodné podmienky sedimentácie.

Možnosť ozrejmiť podmienky sedimentácie kladzianskeho súvrstvia poskytol hydrogeologický vrt HGP-10 hĺbený v Prešovskej kotline v chotári obce Janovík, na odpočívadle pri diaľnici Košice – Prešov. Vrt bol hlboký 300 m (obr. 1). Horninové vzorky z vrt-



-  kladzianske súvrstvie (vrchný karpát)
-  mirkovské súvrstvie (stredný – spodný bádén)
-  klčovské súvrstvie (vrchný bádén)

Obr. 1 Situácia vrtu HGP-1 (Janovík)

¹Geologická služba SR, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

²Přírodovědecká fakulta KU, Albertov 6, 128 43 Praha 2, Czech Republic

³Geologická služba SR, Werferova 1, 040 01 Košice

⁴Narcisova 52, 821 01 Bratislava

ného jadra boli odobrané na mikropaleontologické a palynologické analýzy, stanovenie obsahu karbonátov, RTG, pyrolýzu Rock-Eval.

Pod kvartérnymi sedimentmi hrubými 13,7 m vrt overil vrchnú časť kladzianskeho súvrstvia karpatského veku s hrúbkou 286 m (obr. 2).

Prevrtané sedimenty sú masívne a laminované ílovce a prachovce prevrstvené polohami vápneného pieskovca. Zmeny zrnitosti v profile vrtu naznačujú nevýrazný trend pozitívnej gradácie, t. j. prachovce prevládajú v dolnej časti profilu a ílovce vo vrchnej. Hrúbka piesčitých polôh je nezávislá od hĺbky a ani ich zrnitosť sa v celom prevrtanom profile podstatne nemení. Hrúbka pieskovcov kolíše od 0,2 do 0,7 m. Prevrtaných bolo vcelku 26 polôh pieskovca (4 z nich v mierke, v ktorej bol zostavený profil vrtu na obr. 2, sa nedali vyjadriť). Pieskovce sú masívne, jemne až stredne zrnité. Vápnený tmel pieskovcov spôsobuje, že sú oveľa tvrdšie než ílovce a prachovce, ktoré sú naopak málo spevnené, rozpadavé. Ílovce a prachovce pretínajú žilky vyplnené epigenetickým sadrovcom, často vláknitým. Laminky v ílovcoch a pieskovcoch sú hrubé niekoľko mm, ojedinele až 1 cm. Sú uklonené max. pod uhlom 5° voči osi vrtu. Domnievame sa, že ide o pôvodný úklon. V hĺbke 40,1–40,4 m a 249,7–250,4 m ílovce sú tektonicky porušené, prehnetené. Vrchná porušená poloha predstavuje prehnetenú zmes ílu, útržkov ílovca, obliakov kremeňa, dolomitu, vápenca, bulžníka a pieskovca. Spodnú porušenú polohu tvoria premiešaný íl s úlomkami pieskovca a vláknitého sadrovca.

Prachovce v spodnej časti prevrtaného profilu sú prevažne pestrofarebné. Z farieb prevláda hnedočervená, hnedofialová, červená s hnedými škvrnami nad farbou sivohnedou, resp. hnedosivou a sivou až svetlosivou. Ílovce tvoriace vrchnú časť prevrtaného profilu sú sivé, sivozelené.

Ílovce i prachovce sú karbonatické. Obsah karbonátov relatívne málo kolíše v sivo sfarbených ílovcoch tvoriacich vrchnú časť prevrtaného profilu. Vo väčšine analyzovaných vzoriek (9 z celkového počtu 13) obsah karbonátov kolíše okolo 19–25 %, v dvoch vzorkách je 28 %, resp. 30 % a v ďalších dvoch je 15 %, resp. 16 % (tab. 4). Obsah karbonátov v pestrofarebných siltovcoch je v priemere vyšší a nestály, kolíše v rozpätí 13,85–39,90 %. Vo všetkých prípadoch prevláda CaCO_3 nad MgCO_3 v pomere okolo 2 : 3 (1,4 : 4,50). Iba v najhlbšej vzorke študovaného profilu obsah MgCO_3 je výrazne znížený, lebo pomer $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ je až 7,24.

Z ílových minerálov RTG analýza overila prítomnosť montmorillonitu, illitu a v spodnej časti prevrtaného profilu aj kaolinitu. Semikvantitatívne vyhodnotenie RTG analýz ukázalo, že vo všetkých vzorkách s výnimkou jednej prevláda montmorillonit nad illitom. V spodnej časti sivo sfarbených ílovcov a v pestrých prachovcoch k obom uvedeným ílovým minerálom pristupuje kaolinit. V anomálnej vzorke, kde dominuje illit, kaolinit je druhým v poradí čo do hojnosti a montmorillonit je až na treťom mieste (obr. 2). Výskyt kaolinitu v pestrofarebných sedimentoch poukazuje na možnosť kaolinického zvetrávania, i keď v obmedzenej miere, alebo na jednorazový splach.

Študované sedimenty obsahujú málo organickej hmoty. C_{org} (TOC) kolíše od 0,05 % do 0,19 %, t. j. z hľadiska potenciálnej produkcie uhlíkovodíkov horniny nespĺňajú kritériá pre zdrojové horniny. Voľné uhlíkovodíky neboli prakticky v sedimentoch zistené. Podiel organickej hmoty vyjadrenej v mg na g horniny (S2) kolíše od 0,0 do 0,5 mg. Ako vidieť z tab. 5, výsledky pyrolýzy Rock-Eval sú také nízke, že sú prakticky neinterpretovateľné (MILIČKA, písomná informácia).

Metodika spracovania foraminifer

Foraminifery boli separované z horniny štandardnými mikropaleontologickými metódami v laboratóriách GÚDŠ v Bratislave. Celkovo bolo na mikropaleontologické spracovanie použitých 20 vzoriek (tab. 1). Zoznam druhov foraminifer zo spracovaných vzoriek z vrtu je v tab. 1.

Zloženie foraminiferových spoločenstiev bolo vyhodnotené aj kvantitatívne. Zisťovali sa tieto charakteristiky (obr. 3):

1. foraminiferové číslo (= počet foraminifer v 1 g horniny) pre planktonické foraminifery,

2. foraminiferové číslo pre bentózne foraminifery (bentos/1 g horniny),

3. percentuálne zastúpenie planktonických foraminifer v spoločenstve malých foraminifer, vypočítané z 300–600 jedincov,

4. index diverzity spoločenstva bentózných foraminifer počítaný podľa Simpsonovho vzorca z 300 jedincov.

Kvantitatívne charakteristiky spolu s aktuoeológiou jednotlivých taxónov v spoločenstvách slúžili ako podklad na paleoekologické vyhodnotenie vrtu.

Okrem foraminifer sa vo výplavoch sledovala prítomnosť ďalších organických zvyškov, ako sú ihlice hubiek, ostne ježoviek, rádiolárie a rybie zúbky.

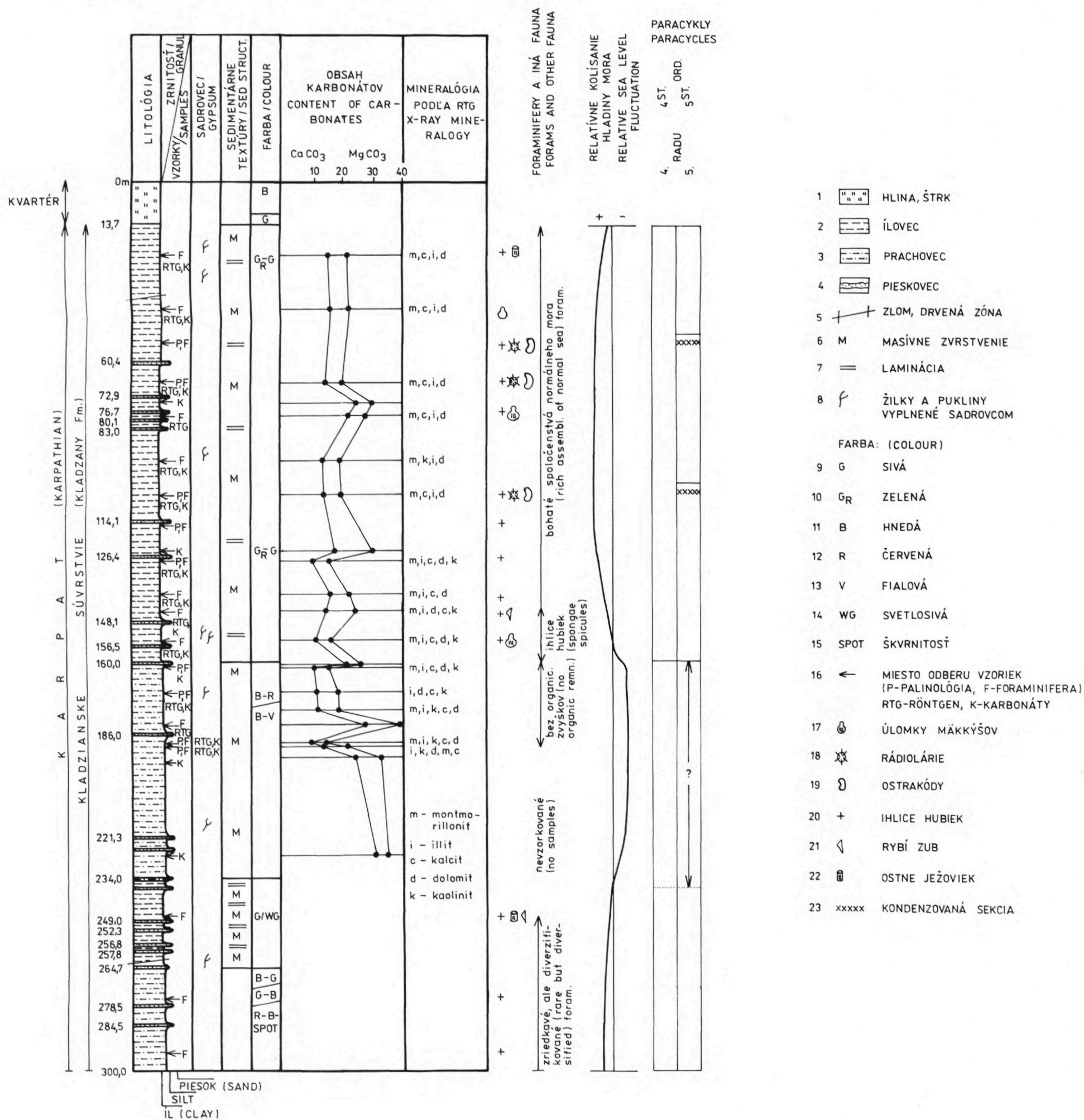
Poznámky k biostratigrafii

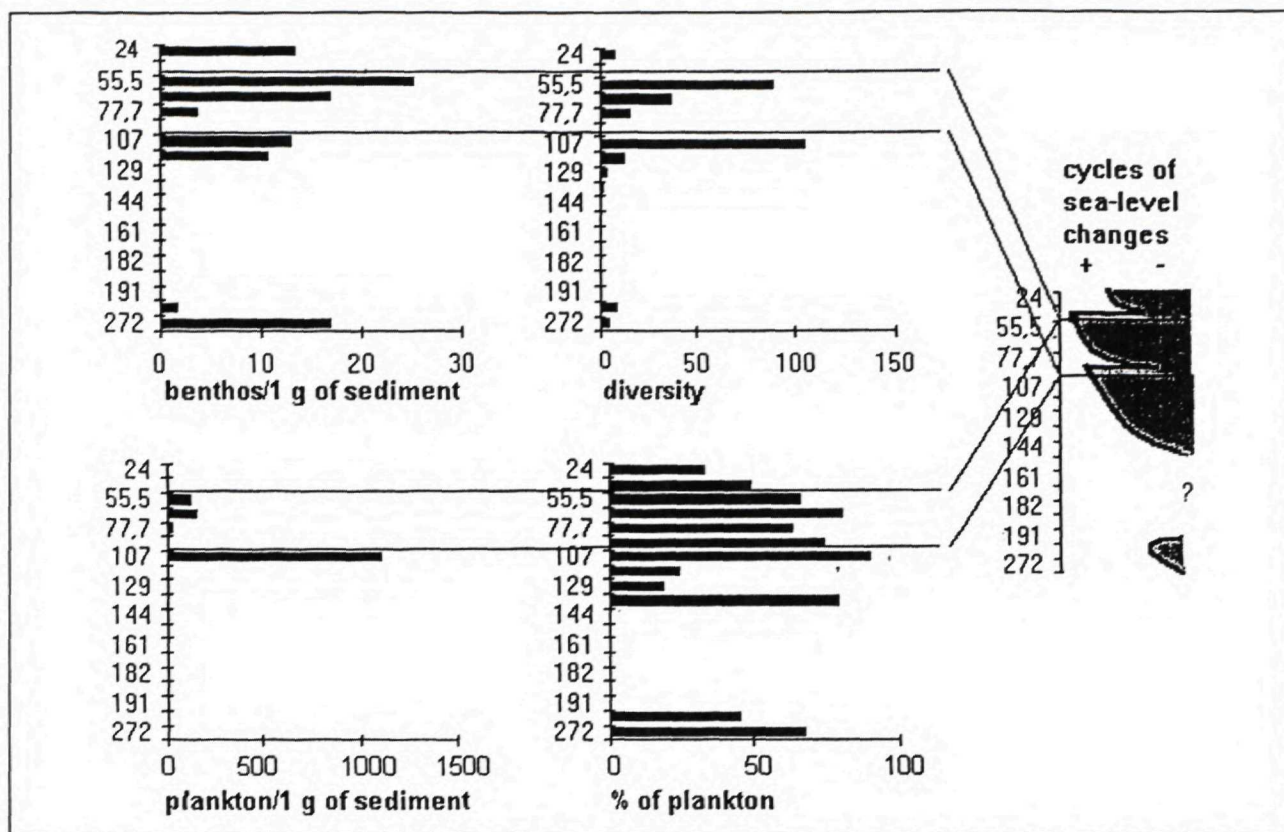
Väčšina druhov, ktoré sa vyskytujú v spracovaných vzorkách, sú priebežné miocénne druhy. Z hľadiska biostratigrafického vyhodnotenia materiálu sme sledovali biostratigraficky najdôležitejšie skupiny: planktonické foraminifery, uvigeríny, bolivíny. Údaje o ich stratigrafickom rozpätí sme prebrali najmä z prác CÍCHA et al. (1983) a RÖGL (1986).

Spoločenstvá planktonických foraminifer sú málo diverzifikované, dominujú v nich globigeríny. Z biostratigrafického hľadiska má význam prítomnosť druhu *Globigerina concinna* RSS., ktorý sa objavuje na začiatku karpátu (CÍCHA et al., 1983; RÖGL, 1986). Spoločenstvá podobného charakteru sa vyskytujú aj v karpate juhoslovenskej panvy (vrt LKŠ-1; ZLINSKÁ a ŠUTOVSKÁ, 1991) či v karpate Bánovskej kotliny. Prvky mladšie ako karpatské neboli zistené.

Z biostratigrafického hľadiska bola najzaujímavejšia prítomnosť uvigerín karpatského typu: *Uvigerina graciliformis* PAPP et TURN. a *Uvigerina bononiensis*

OBR. 2 HGP-10 (JANOVÍK) SCHEMATICKÝ PROFIL VRTU





Obr. 3 Cykly kolísania hladiny mora počas neskorého karpátu vo východoslovenskej panve interpretované na základe faunistických indícií vo vrte HGP-10. Čísla vo vertikálnych stĺpcoch zodpovedajú hĺbke (v metroch) odberov vzoriek z vrtného jadra.

primiformis PAPP et TURN. *Uvigerina graciliformis* sa pokladá za výhradne karpatskú (CICHA et al., 1983, 1985), čo svedčí o karpatskom veku sedimentov, ako najstaršom možnom. Keďže uvigeríny sa vyskytujú aj v najmladších vzorkách profilu vrtu a obidva druhy vymizli v karpate, nepredpokladáme vo vrte prítomnosť mladších sedimentov ako karpatských, s čím súhlasí aj neprítomnosť bádenských druhov v spoločenstve planktonických foraminifer.

Bolivíny, ktoré sa vyskytujú vo vrte, majú stratigrafický rozsah od začiatku miocénu (príp. už od oligocénu) až po spodný báden a biostratigrafické závery nepomohli spresniť.

Na palynologické rozborý bolo odobraných 9 vzoriek (tab. 2). Tri z vrchnej časti vrtu boli sterilné. Ostatných 6 obsahuje spóry a peľ, spoločenstvá sú však chudobné s výnimkou vzorky z hĺbky 190,9 m (tab. 3).

Spoločenstvo z hĺbky 190,9 m je pestré. Sú v ňom prvky močiarnie (*Taxodiaceae*, *Cupressaceae*), suchomilné (*Chenopodiaceae*), aj arktoterciérne (*Betula*, *Quercus*, *Tilia*). Chýbajú prvky subtropické. Najhojnejšie sú zastúpené čeľade *Graminae* a *Abietaceae*. Spoločenstvo poukazuje na chladnejšiu než subtropickú klímu.

Poznámky k sedimentačnému prostrediu a paleoekológii

Najspodnejšiu časť prevrtného profilu tvoria hnedosivé, sivohnedé, resp. červeno a hnedo škvrnité siltovce. Tieto sedimenty obsahujú málo foraminifer, ktoré sú však druhovo diverzifikované. Prevažujú cibicoidné foraminifery, hojný je rod *Ammonia*, miestami druh *Bulimina elongata*. Okrem foraminifer sú

Tab. 2 Vzorky na palynologické spracovanie

Vrt	Vzorka	Hĺbka	Počet preparátov	Pozitívne/Negatívne
HGP-10	1/92	55,5 m	4	N
HGP-10	2/92	67,0 m	6	N
HGP-10	3/92	106,8 m	5	N
HGP-10	4/92	114,7 m	6	P
HGP-10	5/92	128,6 m	5	P
HGP-10	6/92	161,1 m	5	P
HGP-10	7/92	173,0 m	4	P
HGP-10	8/92	190,7 m	2	P
HGP-10	9/92	190,9 m	3	P

Tab. 3 Druhovú a hojnostné zastúpenie peľových zŕn a spór vo vrte HGP-10

Vrt HGP-10	114,7	118,6	161,1	173,0	190,7	190,9 (%)
<i>Graminae</i>			2	3		43 (25)
<i>Chenopodiaceae</i>	1					5 (3,1)
<i>Ericaceae</i>						3 (1,9)
<i>Compositae</i>						4 (2,5)
<i>Betula</i>						1 (0,6)
<i>Quercus</i>	14	2	2			6 (3,6)
<i>Tilia</i>		1				2 (1,3)
<i>Engelhardtia</i>			2			
<i>Ulmus-Zelkova</i>				2		
<i>Umbeliferae</i>			1			1 (0,6)
<i>Ephedra</i>						1 (0,6)
<i>Triporopolenites</i>						2 (1,3)
<i>Tricolpopolenites</i>						5 (3,1)
<i>Tricolporopolenites</i>						2 (1,3)
<i>Indet.</i>		1		1	3	
<i>Cupressaceae</i>						1 (0,6)
<i>Taxodiaceae</i>						1 (0,6)
<i>Abietaceae-ind.</i>	19		3	15	14	47 (29,4)
Spóry	20	20	3	10	14	35 (21,9)
Fungy					2	1 (0,6)
Súčet	15 + 39	4 + 20	7 + 6	6 + 25	3 + 34	77 + 83)

Tab. 4 Obsah karbonátov (CaCO_3 , MgCO_3) vo vrte HGP-10 (Analytik: V. Drgáčová)

Hĺbka (m)	CaCO_3 (%)	MgCO_3 (%)	Karbonáty spolu (%)	$\frac{\text{CaCO}_3}{\text{MgCO}_3}$
24,0	14,13	6,15	20,28	2,30
42,3	14,48	6,10	20,58	2,37
67,0	13,08	5,71	18,79	2,29
73,0	24,71	5,50	30,00	4,50
77,7	15,53	5,99	21,52	2,59
79,9	21,84	6,14	27,98	3,56
92,5	13,29	5,75	19,04	2,31
106,8	13,50	6,37	19,87	2,12
126,4	17,57	8,07	25,64	2,17
128,6	9,55	5,70	15,25	1,68
137,0	16,31	7,09	23,40	2,30
143,7	14,57	9,94	24,51	1,47
153,3	10,93	5,20	16,13	2,10
160,3	21,82	6,05	27,87	3,61
161,1	9,91	5,35	15,26	1,41
173,0	10,82	7,69	18,51	1,65
181,6	11,67	6,72	17,39	1,74
185,3	27,83	12,07	39,90	2,31
190,7	8,95	4,90	13,85	1,83
190,9	14,15	7,99	22,14	1,77
196,7	24,65	8,80	32,45	2,80
225,0	30,90	4,27	35,17	7,24

vo výplavoch prítomné ihlice hubiek a veľmi zriedkavo ostne ježoviek a rybie zvyšky. Takéto spoločenstvá charakterizujú plytké (maximálne 50 m hlboké) morské prostredie. Vzhľadom na to je zaujímavé pomerne vysoké percento planktónu (typické aj pre vyššie časti vrtu), čo môže indikovať dobrú komunikáciu s otvoreným morom a prítomnosť prúdov, ktorými sa planktonické foraminifery dostali do plytkých častí bazénu. Červená škvritnosť sedimentu, možno i hnedé sfarbenie, poukazuje na občasné vynorenie sedimentu a premenu Fe^{2+} na Fe^{3+} . Nízke hodnoty foraminiferového čísla naznačujú veľký prínos terigénneho materiálu.

Plytkovodné prostredie sa postupne ďalej splytčovalo. Svedčí o tom pestré sfarbenie prevažne siltovcových hornín v hĺbke od 160 m do 234 m. Sedimentačné prostredie bolo natoľko plytké, že sedimenty boli často a na dostatočne dlhý čas vynorené, pričom Fe^{2+} rozptýlené v hornine oxidáciou sa zmenilo na Fe^{3+} . Výsledným farebným efektom bolo, že siltovce sa sfarbili do červena a fialova. Časť pestrofarebných sedimentov nebola vzorkovaná, ale vzorky odobrané z hĺbky 160 až 190 m boli faunisticky sterilné. Vo výplavoch je prítomný sadrovec, na báze polohy (190,9 m) a v jej strede (173,3 m) pyrit. Pestrofarebné siltovce vznikli, keď v panve prevládali podmienky podobné tým, ktoré sú známe z permu Západných Karpát, t. j. prevládalo prostredie obmedzených, plytkých nádrží typu playa s dominantnou sladkovodno-suchozemskou sedimentáciou. Sedimenty vznikajúce v tomto prostredí môžu mať veľkú faciálnu a geochemickú variabilitu, často obsahujú evapority a sú faunisticky sterilné. Odrazom toho je zrejme značné kolísanie obsahu karbonátov v pestrých sedimentoch oproti ich relatívne rovnomernému zastúpeniu v sivých partiách.

Smerom do nadložia v hĺbke 160 m sa mení litológia. Po siltovcoch nastupujú ílovce. Mení sa aj farba, a to na sivú, sivozelenú, resp. zelenosivú. Zníženie i sfarbenie poukazujú na prehĺbenie sedimentačného prostredia do tej miery, že sedimenty neboli dlhodobo, resp. vôbec vynorené. Preto nedošlo k ich následnému pestrému sfarbeniu premenou Fe^{2+} na Fe^{3+} .

V hĺbke 143 m–160 m ako prvé zvyšky morských organizmov sa objavujú ihlice hubiek. Bývajú často resedimentované, teda nemusia jendoznačne indikovať vytvorenie podmienok vhodných na život morských organizmov. Na druhej strane resedimentované zvyšky morských organizmov sú bežné v sedimentoch, ktorými sa morský cyklus začína. Vyššie, v hĺbke 137 m–24 m, hojná mikrofauna indikuje prevládanie normálneho morského režimu. Na báze sa objavuje poloha s hojnými planktonickými foraminiferami, sadrovec je ešte prítomný. Neprítomnosť bentosu poukazuje na rýchly prenik morských vôd do prostredia príbrežných plytčín, kde ešte neboli stabilizované podmienky normálneho mora a bentos nebol ešte dostatočne rozvinutý.

V ďalšom vývoji sa morské podmienky stabilizovali a foraminifery z hĺbky 106,8 m poukazujú na podmienky relatívne ideálne na rozvoj morskej fauny. Maximum v rozvoji bentózných foraminifer v hĺbke 55,5 m môže byť reakciou na zmenené podmienky,

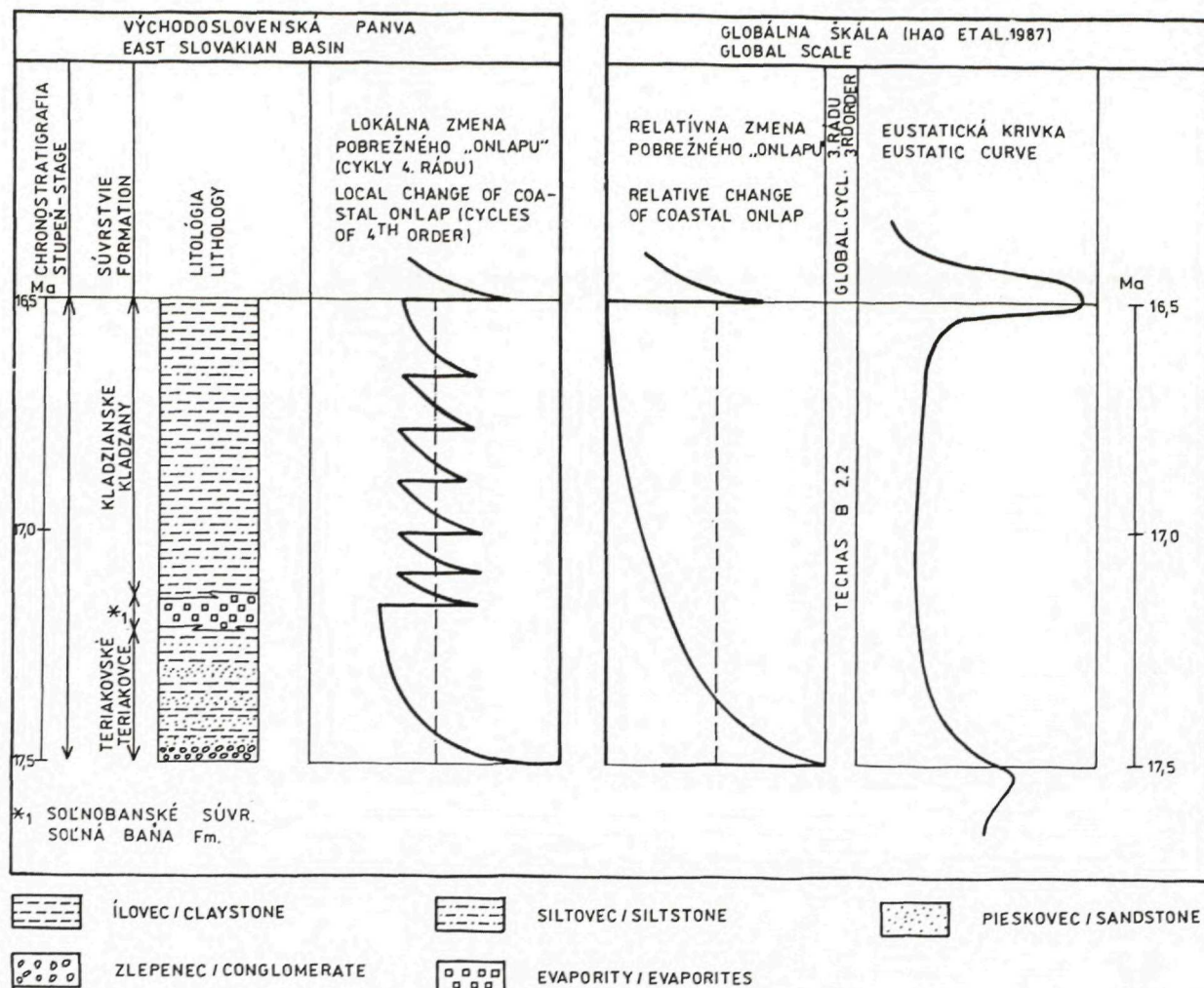
najmä pokiaľ ide o dostupné množstvo živín. Súvisí to azda s prínosom vulkanického materiálu, ktorého mikroskopické zrnká sú prítomné v uvedenej hĺbke. Ubúdanie planktónu smerom do nadložia môže byť novým prejavom postupnej izolácie panvy, resp. jej splytčovania.

Čo sa týka hĺbky prostredia, foraminiferový bentos poukazuje na hĺbku maximálne 50–100 m. Na základe oscilácie hojnosti bentózných a planktonických foraminifer a diverzity bentózných foraminifer je možné rozlíšiť v tomto úseku vrtu aj cykly kolísania morskej hladiny nižšieho (?5.) rádu (obr. 3). Podobné zmeny foraminiferových spoločenstiev v závislosti od relatívneho kolísania morskej hladiny publikovali ARMEN-TROUT et al. (1990).

Cykly sa začínajú polohou zriedkavých foraminifer s nízkou diverzitou [(?) 153–137–114, 92,5–77, 42 m]. Plytkovodné foraminifery sú opracované, čo je typické pre transport schránok v dosahu vlnenia. Prítomné sú aj opracované úlomky schránok mäkkýšov a opracované kremenné zrná. Nízky počet foraminifer svedčí o veľkom prínose terigénneho materiálu. Táto poloha môže zodpovedať traktu nižšieho stavu morskej hladiny (HAQ, 1991). Vzorky z hĺbky 106,8 m a 55 m sa vyznačujú veľkou hojnosťou foraminifer a veľkou diverzitou spoločenstiev bentózných foraminifer. Spoločenstvá foraminifer sú dobre zachované, prítomné sú rádiolárie a ostrakódy. Tieto polohy môžu zodpovedať traktu vysokého stavu hladiny (kondenzovaná sekcia) (HAQ, 1991). Neprítomnosť peľu a spór (tab. 2) podporuje tento predpoklad.

Litologický vývoj i sfarbenie sedimentov a fauna ako paleoekologický indikátor poukazujú na kolísanie morskej hladiny počas sedimentácie kladzianskeho súvrstvia, resp. jeho časti, prevrätanej vrtom HGP-10. Spodná časť vrtu (hĺbka 234–300 m) predstavuje siltovce a ílovce končiaceho sa morského štádia, keď sedimentačný priestor komunikoval s otvoreným morom, ale rýchlo sa splytčoval. Extrémne plytké podmienky a úplná izolácia od otvoreného mora nastali v čase, keď sa ukladali pestrofarebné siltovce v hĺbke 160–234 m. Nový morský cyklus s pelitickými sedimentmi prevažne sivého sfarbenia a s faunou prezrádzajúcou prostredie otvoreného mora sa začal v hĺbke 160 m. Náznaky zakončovania cyklu – postupnej izolácie sedimentačného prostredia – je možné pozorovať v najvrchnejšej časti prevrätaného profilu.

Cyklický vývoj počas sedimentácie kladzianskeho súvrstvia je následkom kolísania morskej hladiny. Nemožno ho však spájať s globálnou fluktuáciou hladín svetových morí. Počas karpátu prebehol globálny cyklus Techas B 2.2., ktorý sa začal 17,5 Ma pred recencom a trval jeden milión rokov (HAQ et al., 1987). Cyklus sa kryje s obdobím karpátu (17,5–16,5 Ma; VASS, D. et al., 1987). I keď začiatok sedimentácie spodnokarpatského teriakovského súvrstvia časovo zapadá do transgresívneho štádia globálneho cyklu kolísania hladiny mora Techas B 2.2., ďalší vývoj sedimentácie vo východoslovenskej panve nasvedčuje tomu, že sa vymkla globálnej kontrole a bola dirigovaná lokál-



Obr. 4 Porovnanie lokálneho (východoslovenská panva) a globálneho režimu kolísania hladiny mora počas karpátu (16,5 – 17,5 Ma)

Tab. 5 Pyrolýza Rock-Eval, vrt HGP-10 (analýza urobená v laboratóriu: IFP Paríž 1992, analytik J. Milička)

Hĺbka (m)	C _{org} TOC	S1	S2	PI	T _{max}	HI
107,0	0,06	0,01	0,00	***	***	0
115,0	0,19	0,00	0,05	0,00	365	26
129,0	0,05	0,00	0,00	***	***	0
161,0	0,11	0,00	0,01	***	310	9
173,0	0,09	0,00	0,00	***	***	0
190,0	0,15	0,00	0,03	0,00	379	20
191,0	0,08	0,00	0,00	***	***	0

nymi, zrejme tektonickými činiteľmi. Morský cyklus začatý sedimentáciou teriakovského súvrstvia sa skončil uprostred karpátu krízou salinity. Nový lokálny cyklus sa začal kladzianskym súvrstvom a mal oscilačný charakter – hladina mora v panve kolísala nezávisle od globálneho stavu morských hladín (obr. 4). Evidentne teda išlo o kolísanie hladiny mora nižšieho než tretieho rádu. Príčinou bola zmena paleostresového poľa, v ktorom kompresná zložka zaujala subhorizontálnu pozíciu a panva sa ocitla v transtenzných podmienkach. Inten-

zita kompresie zrejme kolísala, čoho dôsledkom bolo nerovnomerné roztváranie panvy a kolísanie hladiny mora v nej.

Záverom možno zhrnúť, že vrt HGP-10, hĺbený v Prešovskej kotline pri obci Janovík, prevrátil časť kladzianskeho súvrstvia karpatského veku. V spodnej časti prevráteného profilu prevládajú rozpadavé pestrofarebné siltovece, vo vrchnej časti prevládajú rozpadavé, prevažne sivé ílovce. Pieskovce tvoria relatívne tenké polohy. Sedimenty sú karbonatické. Prítomnosť niektorých

typických karpatských foraminifer potvrdzuje karpatský vek prevrtnaných sedimentov. Litologické zmeny, zmeny sfarbenia sedimentov a zmeny foraminiferových asociácií naznačujú cyklické kolísanie morskej hladiny. Keďže obdobie celého karpátu zodpovedá jednému cyklu 3. rádu (Techas B 2.2; HAQ et al., 1987), cyklické kolísanie morskej hladiny zaznamenané v sedimentoch vrtu HGP-10 zodpovedá cyklom 4. a 5. rádu.

PodĎakovanie

Autori vyslovujú firme Správa diaľnic poďakovanie za umožnenie štúdia vrtného jadra vrtu HGP-10 a za súhlas na odber vzoriek.

Literatúra

- ARMENTROUT, J. M., ECHOLS, R. J. a LEC, T. D., 1990: Patterns of foraminiferal abundance and diversity: implications for sequence stratigraphic analysis. GCSSEPM Foundation 10th Annual Research Conference, 53–58.
- CICHA, I., ZAPLETALOVÁ, I., MOLČÍKOVÁ, V. a BRZOBOHATÝ, P., 1983: Stratigraphical range of Eggenburgian – Badenian foraminifera in West Carpathian Basins. *Knih. Zem. Plyn Nafta, Miscellanea micropaleont.* (Hodonin), 4, 99–144.
- CICHA, I., KRHOVSKÝ, J., BRZOBOHATÝ, R., ČTYROKÝ, J., von DANIELS, C. H., HANNOLD, TH., HORVÁTH, M., LUCZKOWSKA, E., REISER, H., RUPP, CH., RIJAVEC, I. a WENGER, W., 1985: Oligocene and Miocene *Uvigerina* from the Western and Central Paratethys. *Utrecht Micropaleont. Bull. Utrecht*, 121–181.
- HAQ, B. U., HARDENBOL, J. a VAIL, P. R., 1987: Chronology and fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, v. 235, 1156–1167.
- HAQ, B. V., 1991: Sequence stratigraphy, sea level changes, and significance for the deep sea. *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment*, 12, 3–39.
- MURRAY, J. W., 1990: Ecology and Paleocology of benthic foraminifera – Heinemann eduo Books. Ltd., London, 1–274.
- KOVÁČ, P., VASS, D., JANOČKO, J., KAROLI, S. a KALIČIAK, M. (in lit.): Tectonic History of the Eastern Slovakian basin during the Neogene. ESRI, Univ. S. C. Columbia, Occasional Publ.
- RÖGL, F., 1986: Late Oligocene and Miocene Planktic Foraminifera of the Central Paratethys – In: BOLLI, H. M., SANDERS, J. B., PERCHNIELSEN, K.: *Planktonic Stratigraphy*– Cambridge Univ. Press, Cambridge, 315–328.
- VASS, D., REPČOK, I., BALOGH, K. a HALMAI, J., 1987: Revised Radiometric time-scale for the Central Paratethys Neogene. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung. Proceedings of the Vth RCMNS Congress*, vol. LXX, Budapest, 423–434.
- VASS, D., KOVÁČ, M., KONEČNÝ, V. a LEXA, J., 1988: Molasse basins and volcanic activity in West Carpathian Neogene – its evolution and geodynamic character. *Geol. Zbor. Geol. carpath. (Bratislava)*, 39/5, 539–561.
- ZLINSKÁ, A. a ŠUTOVSKÁ, K., 1990: Biostratigrafické a paleontologické zhodnotenie vrtu LKŠ-1 na základe foraminifer (Lučenská kotlina). *Miner. slov. (Bratislava)*, 4, 22, 335–343.

A contribution to understand the development of the Kladzany Formation (late Karpatian) in the Eastern Slovakian Basin

Summary

The Eastern Slovakian Basin, an independent part of the Transcarpathian Basin, has been formed during Neogene as a consequence of an oblique convergence of the European with the Western Carpathian - Pannonian lithospheric plate on the upper plate of the converging couplet in the proximity of a collisional suture. The basin is characterized by the "pull apart" features (VASS et al. 1988). At the close of Early Miocene the basin's subsidence has been controlled by simple extension, while at the end of Karpatian stage, when the sedimentation of the Kladzany Formation was taking place, the whole basin has been submitted to transtensional conditions (KOVÁČ et al. 1995). The speed of sedimentation, controlled by horizontal strike-slip faults, dramatically increased (some 1 300 m of sediments deposited during 0.5 Ma, or less than that). As the supply of clastic material was sufficient to compensate the subsidence the shallow water environments prevailed in the basin. This facts has been documented in the well HGP-10, drilled in the Prešovská kotlina depression (western part of the Eastern Slovakian Basin) near the village Janovík (Fig.1), in which a part of the Kladzany Formation was intersected. There are friable, predominantly variegated siltstones in the lower part of the hole, intercalated with sandstone, while in the upper part there prevail desintegrating grey claystones (Fig. 2). Siltstones and

claystones are carbonatic (Table 4), the CaCO₃ predominating over MgCO₃ in the ratio of 2:1 to 3:1, but rarely even more.

Among the clay minerals the montmorillonite prevails over the illite (Fig.2). The content of organic matter is low (Table 5).

The foraminiferal assemblages (Table 1) are composed of *Globigerina concina*, *Uvigerina graciliformis*, *U. bononiensis primiformis*, proving Karpatian age of the sediments. The sporomorph assemblage (Tables 2,3) indicates a cooler than subtropical climate.

Lower part of the well section - the siltstones of predominantly grey colour - contain seldom foraminifers, diversified by species, indicating a shallow water environments (less than 50 m). Relatively abundant plankton suggests a good communication with the open sea. Variegated siltstones occur in the overlier, however, no marine organism vestiges have been found in them. These sediments deposited within an isolated, ill aerated (presence of pyrite) laguna with precipitation of gypsum and with occasional emergence of the sediments, in which the Fe²⁺ has been oxidized to form Fe³⁺ (variegated colouration). The upper part of the section is made predominantly of grey friable claystones with marine foraminifers. The benthic fauna indicates that the depth of water environment ranged between 50 and 100 m.

The litho- and biofacial development of the sediments in the HGP-10 well suggests a cyclic oscillation of the sea level

within the Eastern Slovakian Basin at the end of Karpatian. This stage coincides with the global cycle of sea level fluctuation of the third order - the Tethys B 22 (HAQ et al. 1987). The transgression into the opening Eastern Slovakian Basin at the beginning of Karpatian agrees with the transgressive stage of the global cycle. The global oscillation, however, lost control of the later development in this basin. The middle Karpatian times have seen the close of sedimentation, accompanied by the salinity crisis. A new local cycle with cyclic development started by the deposition of Kladzany Formation. The alternations of shallow water sediments with transgressive ones are indicative of the 4th order cycles (Fig. 4). The abundance variations in the benthic and planktonic foraminifers and their diversity within the framework of shallow water sediments could have been caused by sea level oscillations of the 5th order (Fig.3).

Explanations to figures and tables

Fig. 1 Siting of the HGP-10 well

Fig. 2 Schematic section through the HGP-10 well (Janovík)

1 - loam, gravel, 2 - claystone, 3 - siltstone, 4 - sandstone, 5 - fault, disrupted zone, 6 - massive bedding, 7 - lamination, 8 - veinlets and fissures filled with gypsum, 9 - grey, 10 - green, 11 - brown, 12 - red, 13 - violet, 14 - light-grey, 15 - mottling, 16 - site of sample collection, 17 - molluscan fragments, 18 - radiolaria, 19 - ostracodes, 20 - sponge needles, 21 - fish tooth, 22 - sea-urchin spines, 23 - condensed section.

Fig. 3 Sea level oscillation cycles during late Karpatian in the Eastern Slovakian Basin as interpreted on the basis of fauna indications in the HGP-10 well. Numbers in columns correspond to the depths (in meters) from which the core samples were taken.

Fig. 4 A comparison between local (Eastern Slovakian Basin) and global sea level oscillation regimens during karpathian stage (16.5 - 17.5 Ma).

Table 1 Number of specimens in washing residuum (= 600 g of sediment):

- less than 5 specimens
- + 5-10 specimens
- * 10-50 specimens
- # more than 50 specimens

Table 2 Specimens submitted for palynological testing

Table 3 Representation of genera and the abundance of pollen and sporomorphs in the HGP-10 well.

Table 4 Content of carbonates (CaCO₃, MgCO₃) in the HGP-10 well.

Table 5 Rock-Eval analysis, HGP-10 well.

(analysed in the IFP laboratory in Paris, 1992, by J. Milička)

RUDOLF KÚŠIK

Príspevok k poznaniu zeolitov Cu-porfýrového ložiska Zlatno v Štiavnických vrchoch

11 obr., 1 tab., angl. resumé

Kľúčové slová: zeolity, porfýrové Cu rudy

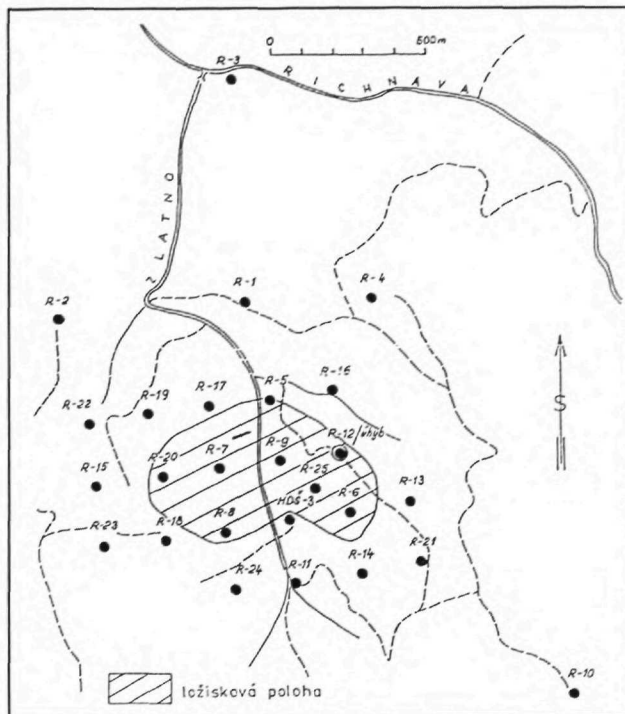
Abstrakt. The paper describes the zeolites laumontite /leonhardite), stilbite, heulandite, chabazite, analcite and natrolite from the Zlatno deposit. An assumption is brought forward that the zeolites associated with the Cu-porphry mineralization postdate this mineralization as products of propylitization, in the broader sense. Spectral analyses have also confirmed their association with the hydrothermal fluids. Most zeolites have been found within the transitional pyrite zone, located preferably in the granodiorite porphyry.

Úvod

Nejde o "typické" porfýrové ložisko (KÚŠIK, 1992, str. 79), i keď na základe prevažnej väčšiny charakteristík ho možno k porfýrovým Cu ložiskám priradiť. K doteraz publikovaným údajom uvidíme niektoré spresnenia: Vertikálne prebiehajúce teleso granodioritového porfýritu (ktoré je zdrojom zrudnenia) vychádza až na povrch, ale krátko po jeho vniknutí došlo k určitým deformáciám (posunom), takže sa vo vrchnom triase (keuper) vytvorila kupola granodioritového porfýritu. V nej sa nahromadili mineralizačné zložky a podmienili vznik porfýrového zrudnenia, ktoré sa vyznačuje v centrálnej časti prítomnosťou Cu zóny, ktorá sa prakticky kryje s ložiskovou polohou (obr. 1). Na jej obode je vyvinutá prechodná (pyritová) zóna a vo vonkajšej časti pozorujeme Pb-Zn zónu. Ako nerudná zložka vchádzajú do zloženia vyčlenených zón aj zeolity.

Metodika štúdia

Zeolity sa na ložisku osobitne nesledovali, ale venovala sa im pozornosť, ako aj iným minerálnym asociáciám, pri svedomitej mineralogickej dokumentácii ložiska. Keďže bol tento materiál v prevažnej väčšine rozpadavý, nedali sa zväčša z neho robiť výbrusy, preto sme ho zadávali na röntgenografické a pri väčších množstvách i na diferenciálno-termálne (derivatogramy), len v zriedkavých prípadoch na spektrálne analýzy. Keďže v asociácii so zeolitmi sa dosť často vyskytoval montmorillonit, boli tieto vzorky podrobené trojvariantnej skúške: okrem normálnej vzorky sa röntgenogramy zhotovovali aj z glycerinovaných vzoriek a vypálených pri 550 °C/3 h. Takto sa získali aj



Obr. 1 Situácia vrtov Zlatno a rudná poloha (podľa BURIANA et al., 1980)

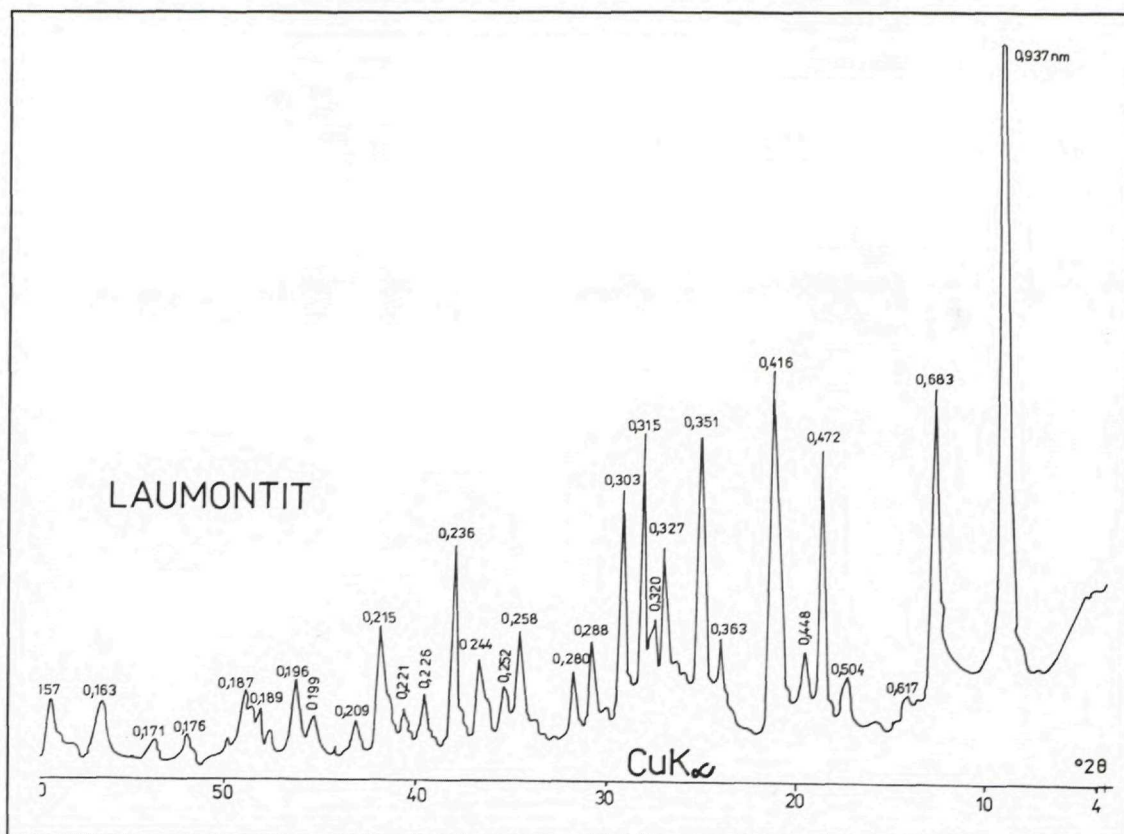
údaje o správaní zeolitov pri týchto zmenených podmienkach. Všetky analýzy zhotovili v laboratóriách v Spišskej Novej Vsi, len chemickú analýzu laumontitu v laboratóriu Turčianske Teplice.

Podľa KOSTOVA (1971, str. 407) "zeolity pri nahrievaní napučiajú v súvislosti so stratou vody; odtiaľ je ich názov, označujúci po grécky kypiace skaly (zeo – po grécky kypieť, litos – skala)".

Opis zeolitov

Laumontit (leonhardit)

Chemický vzorec laumontitu je $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, kým pri leonhardite udáva KOSTOV (1971) vzorec $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Na Zlatne sme ho identifikovali v 17 vzorkách v 11 vrtoch. Vyskytuje sa na žilkách, prípadne tvorí sústavu paralelných žiliek, len ojedinelý je

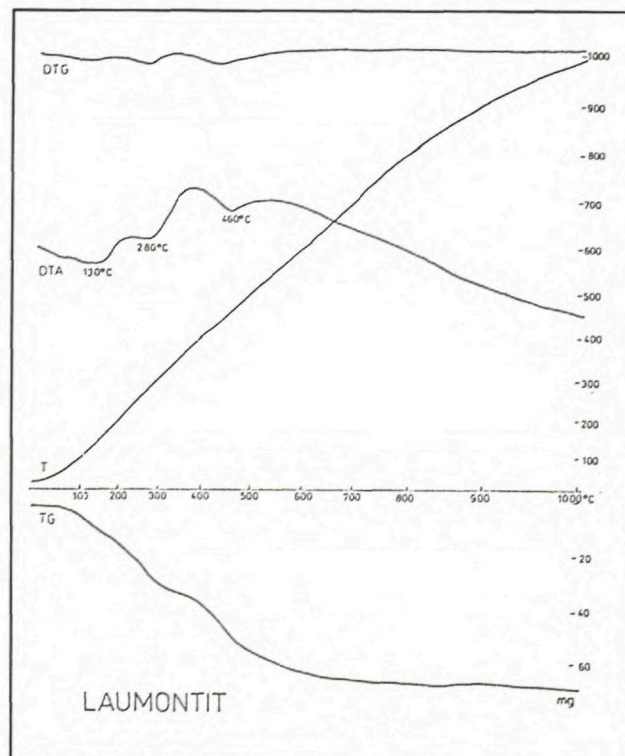


Obr. 2, 2a Laumontit. R-4/746, 7

výskyt v dutine, na ktorej obode je ankerit, v strede laumontit. Inokedy vytvára v dutinkách drúzy hypidoblastických kryštálikov, obklopených kalcitom. Zaujímavá je asociácia s epidotom: bezprostredné okolie žilky tvorí epidot, na obode žilky vystupuje laumontit, v strede sadrovec s prítomným kalcitom. Často s ním býva anhydrit, ojedinele kremeň. Okolitou horninou je v prevažnej miere granodioritový porfýrit, ojedinele dacit.

Makroskopicky býva biely, ihličkovitý, niekedy ružovkastý a zemitý (rozpadavý), podobný ílovým minerálom. V prechádzajúcom svetle vo výbruse je pri jednom nikole číry, bledohnedý až svetlohnedý. Pri leonhardite sme zistili menší index lomu n_g ako 1,517, čím sa odlišuje od laumontitu, ktorý má n_g vyšší najmenej o hodnotu 0,003 (ako uvádzajú WINCHELL a WINCHELL, 1953). γ/c v prípade leonharditu = 40°. Z Banskej Štiavnice ho uvádza aj FERSMAN (1952, str. 591), ktorý ho tu pokladá za sekundárny, vzniknutý z laumontitu. Laumontit opisujú autorky ČAJKOVÁ a HARAMIOVÁ (1959) z okolia Sklených Teplíc.

Spektrálnu analýzu laumontitu a leonharditu uvádzame v tab. 1. Chemická analýza (neúplná) z vrtn KOV-43 (Banská Štiavnica – severné pole): $Al_2O_3 = 7,28 \%$; $CaO = 8,86 \%$; $Na_2O = 0,40 \%$; $K_2O = 0,50 \%$; H_2O (do 500 °C za 3 h) = 9,54 %. SiO_2 nebol stanovený pre nedostatok vzorky. Zeolit sa tu vyskytoval v polohe skarnov, bol bielej farby, ihličkovitý (Chm-), sprevádzaný kremeňom a karbonátom.



Obr. 2a

Röntgenogram laumontitu ukazuje obr. 2. Ten sa prakticky úplne zhoduje s hodnotami laumontitu, uvádzanými JCPDS 15-276 (1974). Diferenciálno-termálna analýza tej istej vzorky (obr. 2a) ukazuje tri pre laumontit typické endotermy, a to pri 130, 280 a 460 °C. Pri ostatných vzorkách (celkovo 5 DTA) kolíšu tieto hodnoty v rozmedzí 120–150 °C, 220–280 °C, 400–460 °C. Ani ich priebeh nie je celkom jednotný. Pri niektorých vzorkách je prvá výraznejšia a druhá málo významná. Pri vz. R-7/740,5 je to pochopiteľné, pretože je v nej podstatný montmorillonit. FÖLDVÁRI a VOGL (1958) uvádza, že montmorillonity, obsahujúce ióny Ca, Mg, Ba, majú prvý (dehydratačný) vrchol dvojité až trojité, kým montmorillonity s iónmi Na, K, NH₄ vrchol jednoduchý a menší. Skúmaný montmorillonit sa na difraktograme prejavil mohutným reflexom pri 1,483 nm, menej výrazne 0,498; 0,448 atď. a na derivatograme endotermou (dehydroxylačnou) pri 700 °C. Naproti tomu vzorka R-6/561,2 s prímiesou kalcitu ukazuje tiež podobnú zdvojenú endotermu s maximom pri 140 a menej výraznú pri 260 °C. Rozklad kalcitu pri tejto vzorke nastal pri 820 °C. Podľa FÖLDVÁRI-VOGLA (1958) na DT krivke kalcitu sa objavuje jeden rozsiahly endotermný vrchol medzi 800–900 °C, predstavujúci rozklad kalcitu. Pri predchádzajúcej vzorke sa glycerínom zväčší hodnota 1,483 nm montmorillonitu na 1,782 nm, kým po vypálení klesne na 0,965 nm. Pri zeolite R-20/876,9 sa glycerínom zníži intenzita reflexov, zatiaľ čo po vypálení sa získajú nasledujúce hodnoty: 0,847(10); 0,547 (3); 0,472 (1); 0,419 (1); 0,371 (2); 0,354 (0,5); 0,340 (2); 0,323 (0,5) nm. V prípade prírodnej vzorky sú porovnateľné s laumontitom (obr. 2).

Stilbit $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Podľa intenzity reflexov röntgenografických záznamov, ktorých máme celkovo 5, zodpovedá študovaný zeolit sodnému stilbitu, uvádzanému v kartotéke JCPDS 18-203 (1974) s nasledujúcim chemickým zložením: $\text{NaCa}_2\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$. Na obr. 3 je röntgenografický záznam s najintenzívnejším reflexom 0,895 nm, ktorý má hodnotu pri štyroch ďalších vzorkách 0,903; 0,910; 0,906; 0,921 nm. Pri týchto štyroch vzorkách sú bohatšie vyvinuté reflexy a s výraznejšou intenzitou. Skúmanú vzorku ako ilustračnú sme vybrali preto, lebo je z nej aj pripojený derivatogram (obr. 3a). Môžeme tu pozorovať endotermu pri 210 a menej výraznú pri 290 °C a exotermnú reakciu pri 480 °C. Podobnú diferenciálno-termálnu krivku stilbitu uvádzajú aj IVANOVA (1961) a KOSTOV (1971).

Vo vrte R-5 sa vyskytoval na žilkách v granodioritovom porfýrite v štyroch rôznych hĺbkach, pričom pri 756,4 m sa vyznačoval bielu farbou. Zastihli sme ho aj vo vrtoch R-18,7.

Heulandit $\text{CaAl}_2\text{Si}_7\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Vo vrte R-15/722,5 m – sa vyskytoval ako biely minerál na puklinke v dacite spolu s kalcitom: 0,894 (6);

0,769 (2); 0,668 (0,5); 0,460 (0,5); 0,450 (1); 0,403 (3); 0,392 (4); 0,356 (0,5); 0,332 (1); 0,316 (1); 0,302 (10, ca); 0,297 (4); 0,276 (1); 0,248 (1, ca); 0,242 (0,5); 0,210 (0,5 ca, he) nm. Kalcit = ca, heulandit = he.

Kartotéka JCPDS, tab. 21-131 (1974) uvádza pri heulandite tri hlavné reflexy pri 0,885; 0,392; 0,296 nm, ktoré vidno na obr. 4, zdvojený je reflex s hodnotami 0,395 a 0,389 nm. Na derivatograme (obr. 4a) z tej istej vzorky porozujeme na DT krivke dve endotermné reakcie pri 220 a 340 °C. Podobný priebeh má táto krivka heulanditu aj u KOSTOVA (1971).

Heulandit s podobným rtg záznamom sa vyskytoval vo vrte R-23/1 005,4 m – v ílovci so škvritou mikrotextúrou. Vystupoval tu na žilke s ϕ 1 mm, vyznačoval sa bielu farbou, strednou tvrdosťou, nereagoval s koncentrovanou HCl. V práškovom preparáte bolo možné pozorovať sivé interferenčné farby, čriepkovitý lom a polysyntetické lamelovanie.

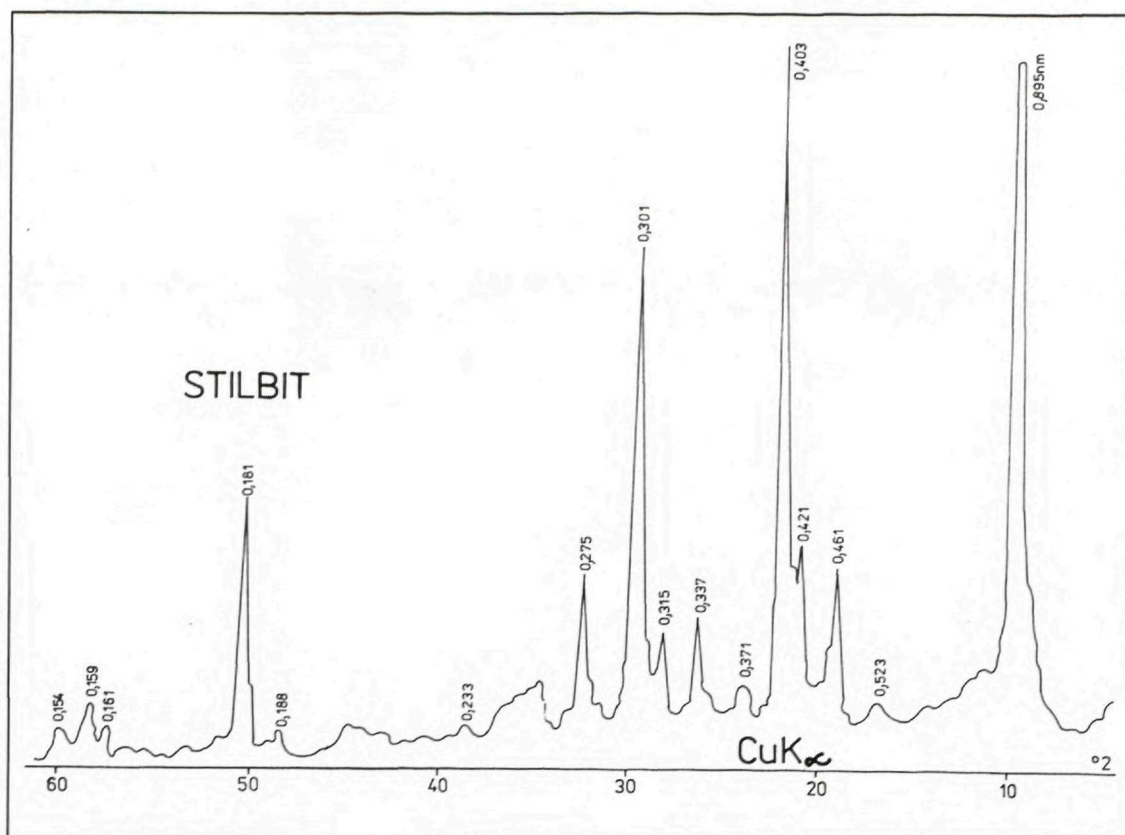
Chabazit $(\text{Ca}, \text{Na}_2/(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Identifikovali sme ho v permskej bridlici. Tvoril v dutinách drúzy čírych, 3 mm kryštálikov. Jeho rtg záznam na obr. 5 ukazuje okrem chabazitu aj prítomnosť kalcitu, čo potvrdzuje aj derivatogram (obr. 5a). Chabazitu patrí výrazná endoterma s maximom 200 °C. Asi pyritu patrí slabá exoterma pri 440 °C. Rozklad kalcitu predstavuje endoterma pri 840 °C. Spektrálna analýza tejto vzorky je v tab. 1.

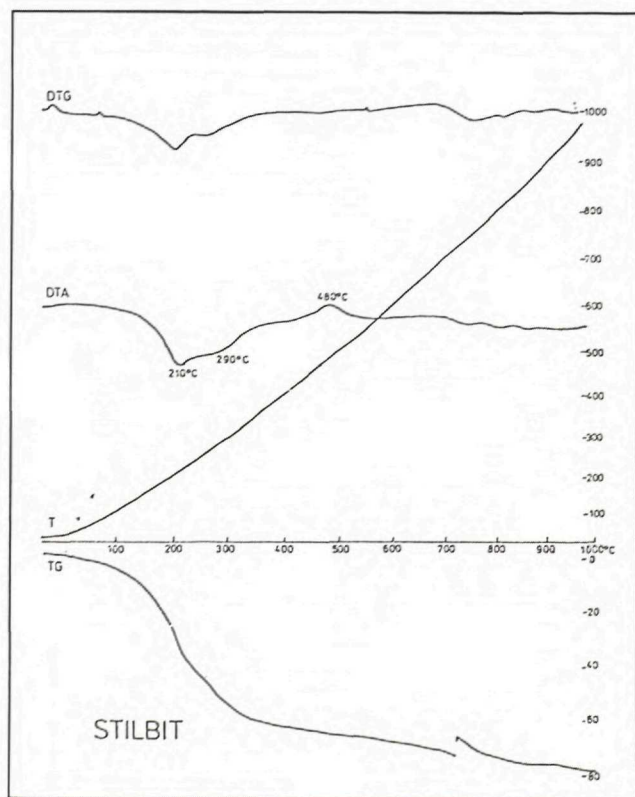
Vo vrte R-5/668,2 m sa vyskytoval biely ílový minerál na puklinke v granodioritovom porfýrite. Podstatný je tu montmorillonit s reflexom 1,454 nm s intenzitou 10, kalcit 0,303 nm a chabazit s reflexom 0,929 (2); 0,431 (4); 0,292 (3) nm. Po sytíni vzorky glycerínom sa v prípade montmorillonitu objaví reflex 1,841 nm, ktorý sa po vypálení pri 550 °C/3 h zmení na 0,941 nm a zníži sa jeho intenzita.

Analcím $\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$

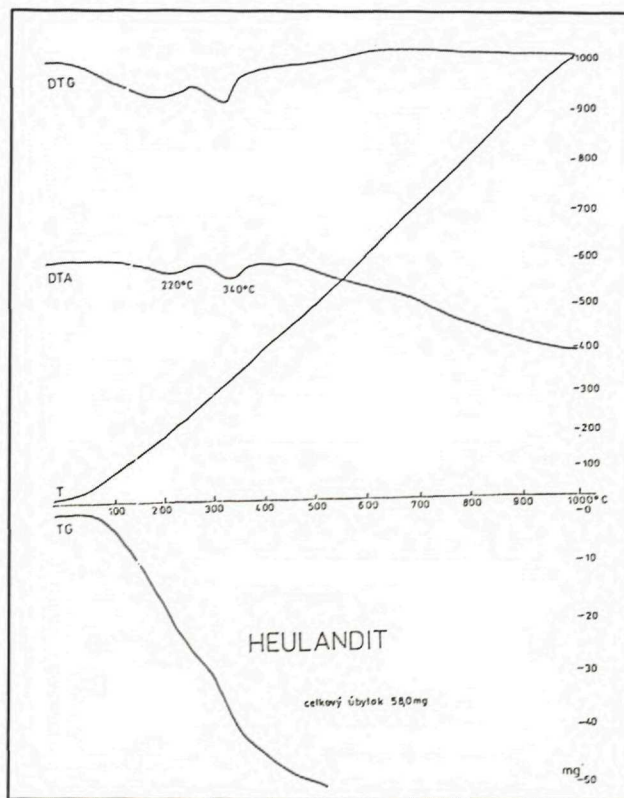
Na obr. 9 tvorí výplň dutiny v pyroxenickom andezite. Na báze možno pozorovať vyžrážaný pyrit, potom sa vylúčil analcím a v strede dutiny tabuľkovitý kalcit. WINCHEL a WINCHEL (1953) uvádzajú, že je obyčajne izotropný, no veľké kryštály sú často slabo dvojlomné so zložitým zdvojitím. Podobne KOSTOV (1971) uvádza, že je obyčajne izotropný, no tvorí aj mimetické dvojčatá, vďaka ktorým sa prejavuje ako dvojlomný. V našom prípade je polysyntetický. Na rtg zázname (obr. 6) sa vyznačuje najintenzívnejším reflexom pri 0,340 nm a menej intenzívnymi pri 0,557 a 0,291 nm, čo je v zhode s dátami analcímu v kartotéke JCPDS (1974), tab. 7–363. Jediná endotermná reakcia analcímu na diferenciálno-termálnej krivke IVANOVEJ (1961) sa prejavuje medzi 400–500 °C, kde sa na našej krivke (obr. 6a) prejavil ako agresívnejší komponent pyrit exotermou pri 480 °C. Spektrálna analýza je v tab. 1.



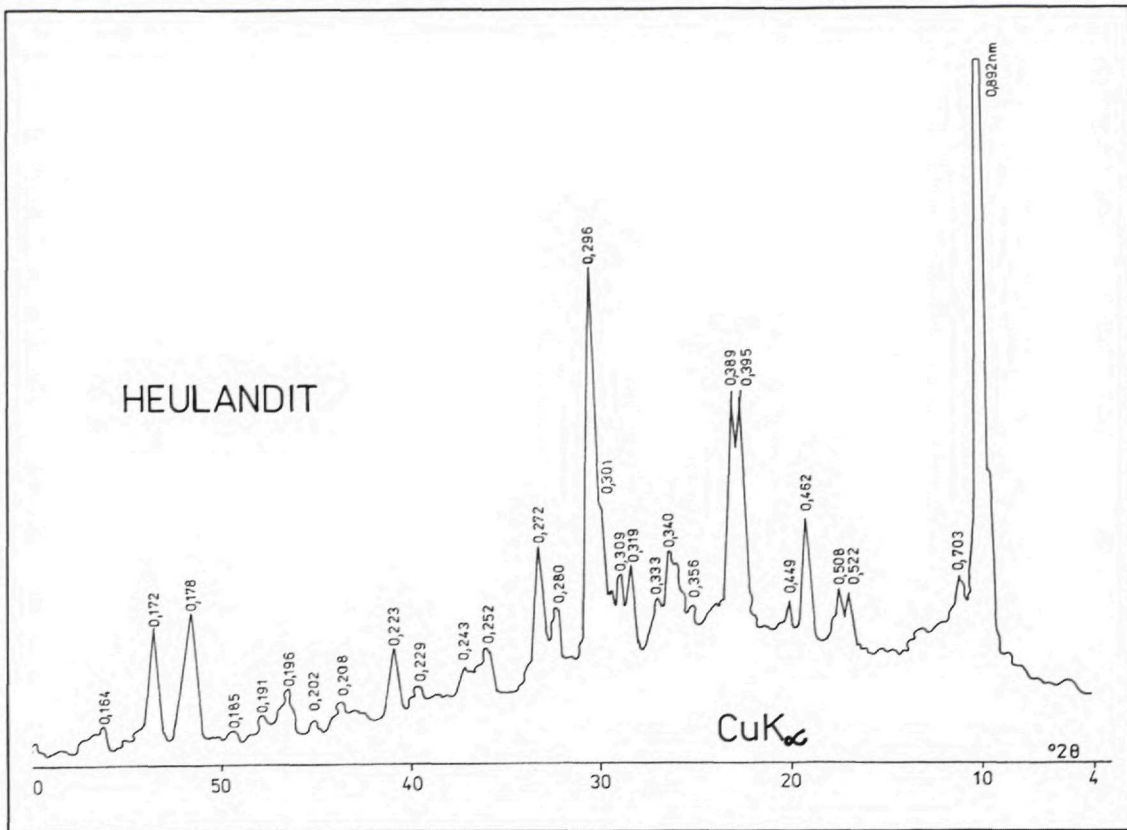
Obr. 3, 3a Stilbit. R-23/971,3



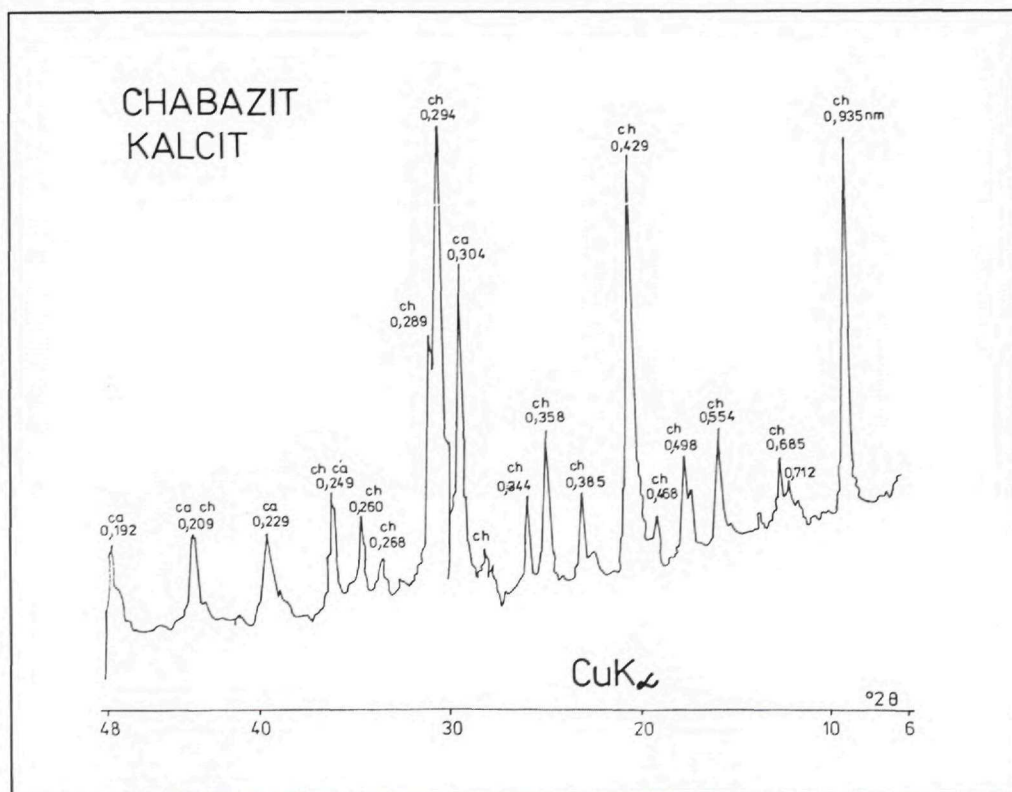
Obr. 3a



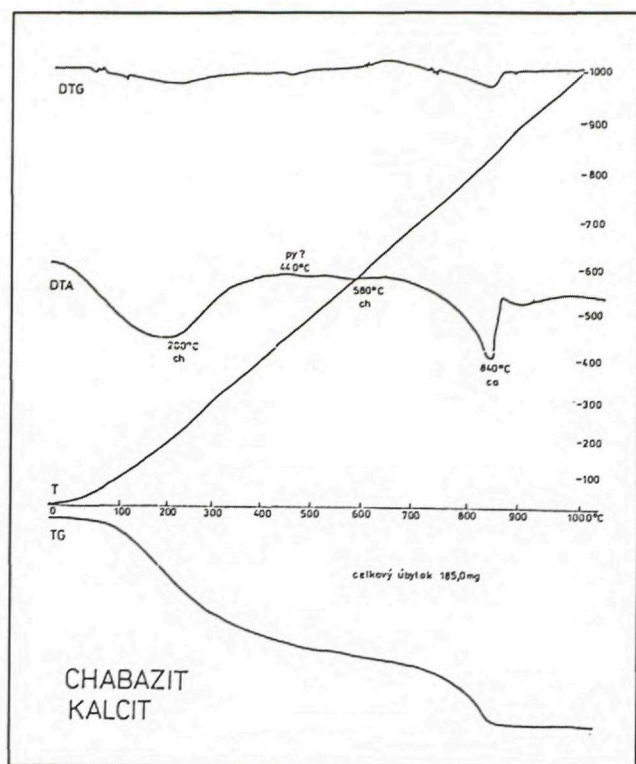
Obr. 4a



Obr. 4, 4a Heulandit. R-5/755,5



Obr. 5, 5a Chabazit, kalcit. R-6/667,0



Obr. 5a

nebolo možné zadať ani na diferenciálno-termálnu, ani na spektrálnu analýzu.

Diskusia

V prípade pleonastu uvádzame (KÚŠIK, 1992), že sa vyskytuje na obvode dutínok v horečnatých skarnoch, tvorených forsteritom a pyroxénom. Smerom do stredu dutiny je vyvinutý anhydrit, inokedy magnetit (lemy) a v strede chalkopyrit (pyrotínovej etapy). Posledné bývajú presekávané žilkami vláknitého serpentínu a anhydritu, prípadne chloritu a kalcitu (propylitické premeny). V asociácii s poslednými z nich možno na žilkách pozorovať aj rudné minerály polymetalickej etapy. Pyrotínová etapa sa teda tvorila pri teplote 800 až 600 °C (teplota K metasomatózy), zatiaľ čo polymetalická etapa pod teplotou 600 °C, pretože pri tejto teplote sa začína propylitizácia (pozri CREASEY, 1966). Výskyt zeolitov na ložisku možno považovať za súčasť propylitických premien v širokom zmysle slova, pričom sa tvorili na záver zrudňovacieho procesu polymetalickej etapy. Tomu by nasvedčovala aj častá prítomnosť pyritu. KOSTOV (1971) uvádza prednostné tvorenie Na zeolitov (teda pri vyšších teplotách). V našom prípade by to bol výskyt natrolitu na žilke s granátom atď.,

Názov minerálu	Si	Mg	Fe	K	Sr	Ga	B	Cu	V	Ag	Cr	Yb	Mo	Prímies kalcitu
	Ca	Al	Mn	Na	Ba	Ti	Pb	Zn	Zr	Li	Y	P	Sc	
LAUMONTIT	■	■	■	■	■	○	○	○	○	○	○	○	○	— —
LEONHARDIT	■	■	■	○	■	○	○	○	○	○	○	○	○	— —
CHABAZIT	■	■	■	■	■	○	○	○	○	○	○	○	○	— —
ANALCÍM	■	■	■	■	○	○	○	○	○	○	○	○	○	— — + pyrit

■ 100 10% ■ 10 1% ▣ tesne nad 1% ▤ 1 0,1% ● 0,1 0,01% ○ 0,01 0,001% ◻ problematické

Tab. 1 Spektrálne analýzy zeolitov

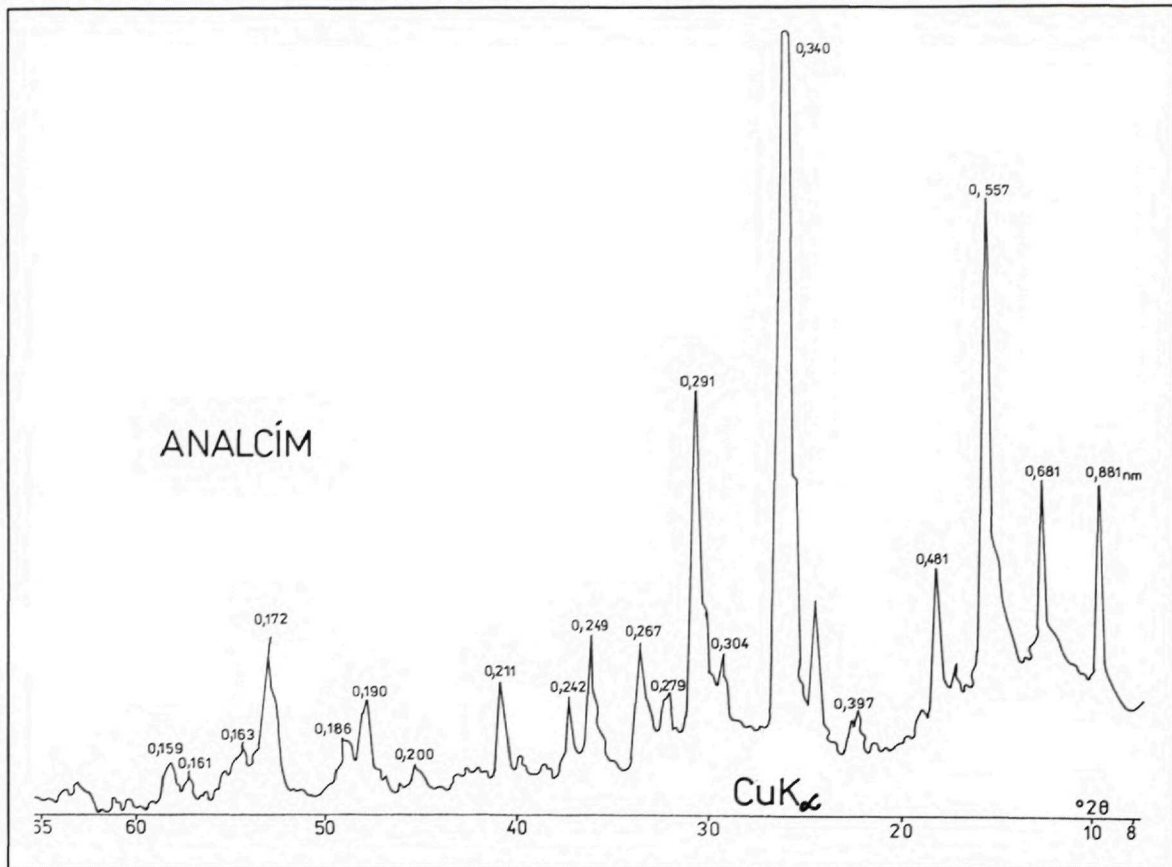
Natrolit $Na_2(Al_2Si_3O_{10}) \cdot 2H_2O$

Vyskytoval sa vo vulkanoklastickom súvrství aj v granodioritovom porfýrite. Zmeraný index lomu $N_g = 1,493$, dvojlom $0,013$, Chz +. Na obr. 10 je možné pozorovať monominerálny ihličkovitý natrolit, kým na obr. 11 ihličky natrolitu sú uzatvárané v stilbite, ktorý sa vyznačuje poikilblastickým vývojom. Stilbit na rtg zázname (obr. 7) nebol zastihnutý. Vyskytoval sa v zaujímavej skarnej asociácii, keď na obvode žilky s ϕ 2,5 cm boli lemy ružovohnedého izotropného granátu, do stredu lemy sivozeleného diopsidu s prítomným pyritom a jemné vložky žltozeleného epidotu. Stred žilky bol tvorený bielym natrolitom v ihličkovitom vývoji. Pre malé množstvo vzorky ju

je tu však sprevádzaný stilbitom, ktorý má podľa uvedených predstáv kryštalizovať medzi poslednými zeolitmi. Pokiaľ ide o laumontit, ten sa tiež vyskytoval v asociácii s epidotom. Jeho výskyt s montmorillonitom by nasvedčoval na kryštalizáciu pod 400 °C (vrchná hranica vzniku argilických premien na porfýrových ložiskách – pozri CREASEY, 1966). Laumontit od leonharditu sme na ložisku pracovne rozlišovali podľa povahy materiálu: sypké masý sme považovali za leonhardit, kým biele kompaktné za laumontit.

Záver

Sledované zeolitové minerály predstavujú produkty hydrotermálnej činnosti späté s telesom granodiorito-



Obr. 6, 6a Analcím. R-1/60,3

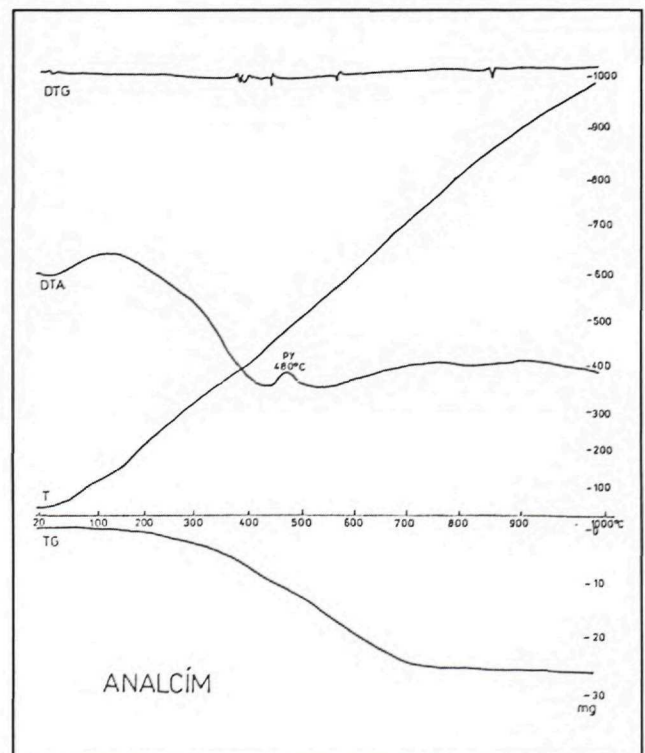
vého porfyritu, na ktorý je viazaná Cu-porfýrová mineralizácia ložiska. Ich vylučovanie sa viazalo najmä na prechodnú – pyritovú zónu (15 vzoriek), menej výskytov zeolitov bolo v centrálnej Cu zóne (7 vzoriek) a najmenej vo vonkajšej Pb-Zn zóne (6 vzoriek).

Obklopujúcou horninou je vo výrazne prevažujúcej miere granodioritový porfyrit, menej dacit (laumontit, heulandit), andezit (analcím) i vulkanoklastické súvrstvie (natrolit). Vyskytujú sa ojedinelé prípady v permskej bridlici (chabazit) a škvornitom ílovci (heulandit).

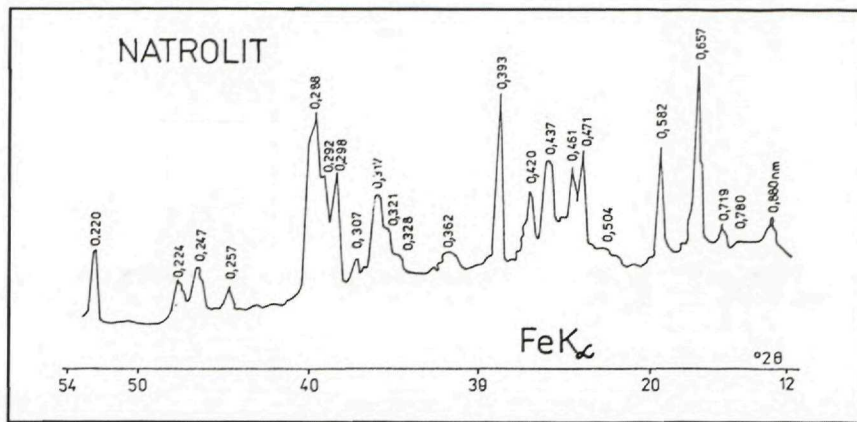
Pomerne pestrá je minerálna asociácia so študovanými zeolitmi: uvedený prípad natrolitu ukazuje, že sa nevyhýbajú ani skarnovej asociácii, konkrétne v tomto prípade je to žilka granátu s diopsidom, epidotom, pyritom, stred žilky je tvorený natrolitom, čiže ide o infiltračný endoskarn. So zeolitmi býva najčastejší kalcit, montmorillonit, menej sadrovec, anhydrit, ojedinele ankerit a kremeň.

V regionálnej miere by bolo možné zeolity považovať za produkt propylitizácie v širokom zmysle slova, ktorá sa na ložisku Zlatno začína na rozhraní pyrotinovej a polymetalickej etapy (KÚŠIK, 1992), pričom zeolity sa tvorili na záver mineralizácie. Tomu nasvedča aj častá prítomnosť pyritu.

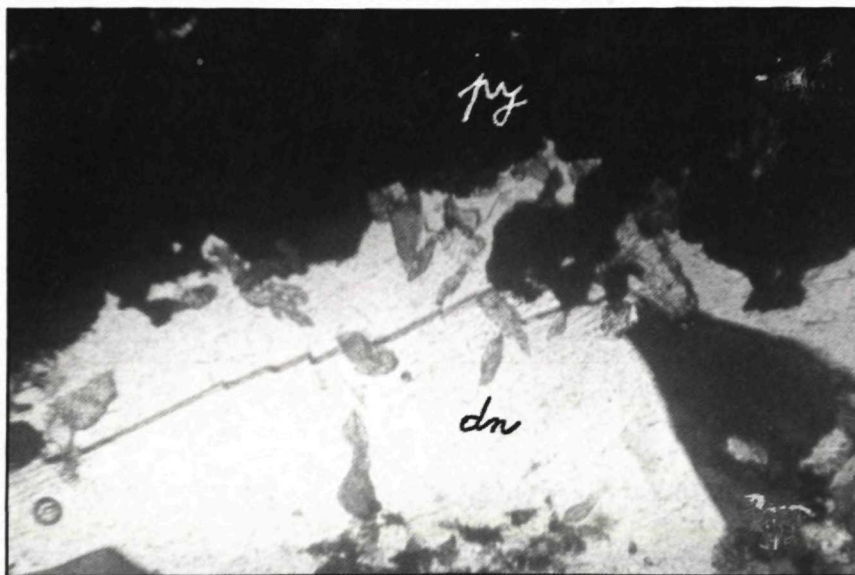
Vysvetlivky skratiek pri obrázkoch: ch – chabazit, ca – kalcit, py – pyrit, dn – stilbit, a – analcím, n – natrolit.



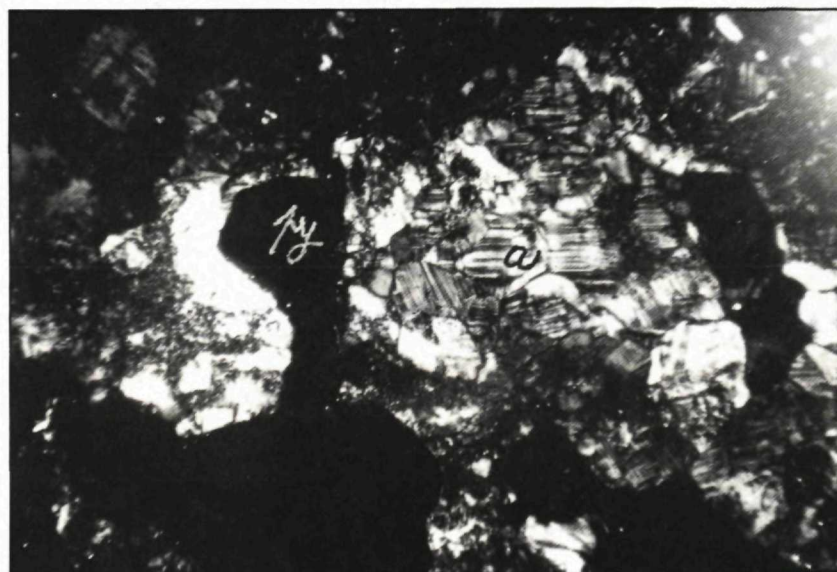
Obr. 6a



Obr. 7 Natrolit. R-17/741,5



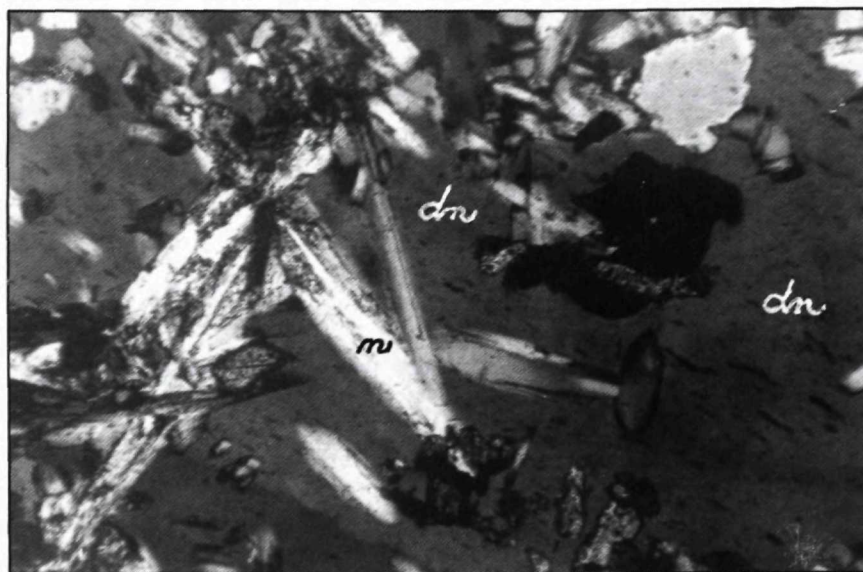
Obr. 8 Tvorba stilbitu nadväzuje na tvorbu pyritu (opakový) v žilnej výplni. V stilbite karbonát. R-15/627,9. Výbrus, nik. X, zv. 44 x



Obr. 9 Analcím, opakový pyrit. R-1/60,3. Výbrus, nik. X, zv. 56 x



Obr. 10 Natrolit. R-17/741,5. Výbrus, nik. X, zv. 44 x



Obr. 11 Ihličkovitý natrolit v stilbite. R-17/741,5. Výbrus, nik. X, zv. 66

Literatúra

- BURIAN, J., SMOLKA, J., JANUŠ, J. a VALKO, P., 1980: Zlatno – Cu. Závěrečná správa a výpočet zásob. Manuskript GS SR, Bratislava, 176.
- CREASEY, S. C., 1966: Hydrothermal alteration (in Titley and Hicks: Geology of the porphyry copper deposits south-western North America. The university of Arizona Press. Tucson, Arizona, 287.
- ČAJKOVÁ, M. a HARAMIOVÁ, Š., 1959: Niektoré výskyty zeolitov v dutinách andezitov na Slovensku. Geol. Práce, Zoš. (Bratislava), 54, 191–224.
- FERSMAN, A. E., 1952: Izbrannyje trudy. Izd. AN SSSR, Moskva, 862.
- FÖLDVÁRI-VOGL, M., 1958: The role of differential thermal analysis in mineralogy and geological prospecting. Acta geol. Acad. Hung. Tom V. Budapest, 1–102.
- IVANOVA, V. P., 1961: Termogrammy mineralov. Zap. vses. min. obšč. Časť 90. Vyp. 1. Moskva–Leningrad, 50–90.
- JCPDS (Joint committee on powder diffraction standards), 1974: Selected powder diffraction data for minerals. 1. vydanie. Philadelphia, 833.
- KODERA, M., ĐUROVIČ, S., MASÁR, I. a JUDINOVÁ, V., 1977: Slovenské názvy minerálov. Miner. slov. (Bratislava), 9, 81.
- KOSTOV, I., 1971: Mineralogija. Izd. MIR, Moskva, 584.
- KÚŠIK, R., 1992: Mineralógia a genéza Cu-porfýrového ložiska Zlatno v Štiavnických vrchoch. Miner. slov. (Bratislava), 24, 69–81.
- WINCHELL, A. N. a WINCHELL, H., 1953: Optičeskaja mineralogija. Izd. in lit. Moskva, 561.

A contributory information about zeolites from the Cu - porphyry deposit of Zlatno in the Štiavnické vrchy hills.

Summary

31 finds of zeolites are reported to occur at various depths among the cores of 25 drill holes sunk at the Zlatno deposit (Fig. 1). Most zeolites occur as crevice fillings in veinlets 1 to 10 mm, or, at most 2.5 cm thick, composed predominantly of desintegrating material, or more seldom, as the fillings of vugs. The following zeolites were identified: laumontite (leonhardite) (Figs. 2, 2a), stilbite (Figs. 3, 3a, 8 and 9), heulandite (Figs 4, 4a), chabazite (Figs. 5, 5a), analcite (Figs. 6,6a,9) and natrolite (Figs. 7,10,11). A clay mineral - the montmorillonite - has been observed to associate with zeolites (while the other, the kaolinite, identified in 5 cases, does not associate with zeolites whatsoever, or in much lesser extent than does the montmorillonite). The other minerals associated to various degrees with the zeolites are: calcite (abundant), gypsum and anhydrite(lesser), ankerite and quartz (rare). Several cases of these minerals being accompanied by epidote and scarce skarn association, represented by a 2.5 cm thick veinlet of garnet with diopside, epidote, pyrite and its centre filled by zeolite (natrolite and stilbite, Fig. 11) have been observed. It is interesting to note that this was the only case to see the two zeolites together.

Most zeolites are hosted by granodiorite porphyrite, lesser zeolites occur in dacite, andesite, or volcano-clastic formation and rare in Permian shale, or mottled claystone.

The origin of zeolites has been related to the Cu-porphyry mineralization, which associates with a vertically emplaced body of granodiorite porphyrite, disrupted by horizontally oriented normal faults. The Keuper times have seen a

formation of a cupola enriched in mineralized matter, which gave the way to the said mineralization. Most zeolites (54 %) occur in the pyrite zone, less (25 %) in the Cu-zone and least amount (21 %) is in the Pb-Zn zone. An assumption is held that the formation of zeolites at regional scale is associated with the propylitization process in broader sense, which either pre-dated, or was coeval with a polymetallic stage, characterized by precipitation of zeolites at the end of the mineralization process.

Captions to figures

Fig. 1 Situation of the drill holes around Zlatno and the ore body (after BURIAN et al., 1980)

Fig. 2, 2a Laumontite. R-4/746, 7

Fig. 3, 3a Stilbite. R-23/971,3

Fig. 4, 4a Heulandite. R-5/755,5

Fig. 5, 5a Chabazite, calcite. R-6/667,0

Fig. 6, 6a Analcite. R-1/60,3

Fig. 7 Natrolite. R-17/741,5

Fig. 8 Growth of stilbite follows the growth of pyrite (opaque) in the vein filling. A carbonate inclusion in stilbite. R-

15/627,9. Thin section, nic. X, magn. 44 x

Fig. 9 Analcite, opaque pyrite. R-1/60,3. Thin section, nic. X, magn. 56 x

Fig. 10 Natrolite. R-17/741,5. Thin section, nic. X, magn. 44 x

Obr. 11 Needle-like natrolite in stilbite. R-17/741,5. Thin section, nic. X, magn. 66

MARTIMEX group

Červenej armády 1, 036 65 Martin

MARTIMEX ALFA a.s.

Tel.: 0842/39976
Fax: 0842/34834

riaditeľ spoločnosti: Ing. Pavel Benko

Vývoz cestných a stavebných mechanizmov
- lesnej mechanizácie
- dieselových motorov
- banských lokomotív
- nákladných a úžitkových automobilov

MARTIMEX UNICO

Tel.: 0842/32129
Fax: 0842/35946

riaditeľ spoločnosti: Ing. Miloš Mandát

Vývoz a dovoz časti strojárkej produkcie
- výrobkov z dreva
- strojov na obrábanie dreva
- sanitárnej a stavebnej techniky
- vývoz pracovných síl
- realizácia väzbových obchodov

MARTIMEX OMEGA

Tel.: 0842/31300
Fax: 0842/33753

riaditeľ spoločnosti: Ing. Peter Chalupka

Vývoz lodí a lodného zariadenia
- ISO kontajnerov
Dovoz chemických výrobkov a potravinárskeho tovaru,
jedlej, technickej a kozmetickej soli z poľských baní

MARTIMEX KOMPLĚT

Tel.: 0842/34685
Fax: 0842/35766

riaditeľ spoločnosti: Ing. Ján Baroška

Vývoz a dovoz hydraulických
a pneumatických prvkov a agregátov
Dovoz a distribúcia liekov
- sér
- očkovacích látok a diagnostík
- spotrebného tovaru

MARTIMEX TRADING a.s.

Tel.: 0842/35242
Fax: 0842/35249

riaditeľ spoločnosti: Ing. Rudolf Vladár

Vývoz spotrebného tovaru,
poľnohospodárskych produktov a potravín
Dovoz ryže pre potreby Slovenska
a niektorých zdravotníckych materiálov na báze bavlny

MARTIMEX INVEST a.s.

Tel.: 0842/30331
Fax: 0842/35362

riaditeľ spoločnosti: Ing. Mikuláš Takáč

Vývoz investičných celkov
Dovoz strojárkej technológie, zdravotníckej
a javiskovej techniky
Realizácia výstavby gravitačných aspádových
potrubných systémov prečerpávacích staníc
v Spojených arabských emirátoch

UNIMPEX

Tel.: 0842/221047
Fax: 0842/220545

riaditeľ spoločnosti: Ing. Milan Warecha

Obchodná a sprostredkovateľská činnosť
ako je nákup, predaj a doprava zbraní, streliva
a iného vojenského materiálu
a s tým súvisiace obchodné služby

GEOLOGICKÉ PRÁCE, SPRÁVY 102

Vydalo Vydavateľstvo Dionýza Štúra, Bratislava 1996

Vedecký redaktor: RNDr. Miloš RAKÚS, CSc.

Zodpovedná redaktorka: Ing. Janka HRTUSOVÁ

Jazyková redaktorka: Mgr. Viera GARDOŠOVÁ

Preklad do angličtiny: RNDr. Bohumil MOLÁK, CSc.

Technická redaktorka: Gabriela ŠIPOŠOVÁ

Náklad 500 kusov. Tlač: DuAd-print Bratislava