

HYPOGÉNNE JASKYNE NA SLOVENŠKU: SÚČASNÉ POZNATKY A ZAMERANIE VÝSKUMU

PAVEL BELLA*, ĽUDOVÍT GAÁL**

Pavel Bella, Ľudovít Gaál: Hypogenic caves in Slovakia: current knowledge and research objectives. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 12, 2012, 1, 4 figs., 76 refs.

Various types of hypogenic caves in Slovakia are associated with the complicated geological settings and geomorphological development of the Western Carpathians. This paper presents the first overview of existing knowledge on hypogenic caves in Slovakia and main aims of their following research. These morphogenetic types of hypogenic caves were studied till now: (1) hypogenic caves that the origin was induced by subvolcanic intrusions (upwardly hydrothermal dissolution caves in basement metamorphosed carbonates of the Štiavnica stratovolcano, hydrothermal geodes and caves in metasomatic secondary quartzites formed by acid leaching and silicification of andesite porphyries by magmatic fluids of subvolcanic intrusion), (2) hypogenic caverns and caves originated in hydrogeological conditions with a deep circulation of underground waters (hydrothermal dissolution caverns and small caves in carbonate structures disrupted by deep faults, hydrothermal dissolution caverns in intrastratal carbonate structures, phreatic shaft formed by progradational collapse of overlying non-carbonate beds disrupted by karstification of artesian aquifers within an intramontane basin). Another suitable natural conditions for hypogene speleogenesis are along marginal faults of horst morphostructures or fault edges of horst-graben structures in tectonically dissected areas (formation of caves by thermal or slightly heated groundwaters ascending along marginal faults), in underlying and faulted mesozoic carbonates within intermontane basins, also in deep-seated mineral deposits of hydrothermal and metasomatic origin including the appropriate type of magnesite deposits. Several caves of hypogenic morphology were formed by slightly heated waters ascending along marginal faults of horst morphostructures (e. g. the Plavecká jaskyňa Cave and the Plavecká priepať Shaft in the Malé Karpaty Mts.), but mineralogical evidences of their hypogenic origin are missing. Therefore they cannot be expressly classified as "true" hypogenic caves.

Key words: karst, speleology, hypogenic caves, typology, hydrothermal cave, artesian karstification, the Western Carpathians

ÚVOD

Zložitá a rôznorodá geologická stavba a zodpovedajúci geologicko-geomorfologický vývoj Západných Karpát vytvorili podmienky na vytváranie hypogénnych jaskýň aj na území Slovenska. Hoci v zahraničí už niekoľko desaťročí problematika hypogénnej speleogenézy patrí medzi hlavné smery geovedného výskumu jaskýň, u nás sa systematickejšie začala riešiť podstatne neskôr (ORVOŠOVÁ et al. 2004, ORVOŠOVÁ 2005, ORVOŠOVÁ a HURAI 2008, BELLA et al. 2009, BELLA et al. 2010, BELLA et al. 2011b, BELLA et al. 2011c, BELLA 2012). Napriek tomu sa získali niektoré dôležité poznatky rozširujúce doterajší pohľad na vznik a vývoj našich jaskýň. S touto aktuálnou a dôležitou problematikou súvisia aj niektoré ďalšie práce, hoci sa v nich priamo nepíše o hypogénnej speleogenéze (GAÁL et al. 2007, GAÁL 2008 a iní). K predpokladu

SENEŠA (1945 – 1946) o vplyve termálnych vôd na vytváranie jaskýň medzi Moldavou nad Bodvou a Jasovom chýbajú dostatočné morfológické a najmä mineralogické dôkazy zodpovedajúce hydrotermálnej speleogenéze.

Predložený príspevok podáva prvotné súborné poznatky o podmienkach a procesoch vytvárania hypogénnych jaskýň na Slovensku a o ich základných morfo-genetických typoch. Poukazuje aj na smerovanie ďalšieho geologicko-geomorfologického výskumu hypogénnych jaskýň s cieľom potvrdiť hypogénny pôvod ďalších jaskýň, a tým dotvoriť celkový obraz o genetickej rôznorodosti jaskýň na Slovensku.

GENÉZA A INDIKAČNÉ ZNAKY HYPOGÉNNYCH JASKÝŇ

Hypogénne jaskyne vznikajú výstupnými, spravidla termálnymi vodami, obohatenými

* Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovensko, bella@ssj.sk; Katedra geografie, Pedagogická fakulta KÚ, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok, Slovensko, pavel.bella@ku.sk

** Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, pracovisko Rimavská Sobota, Slovensko, Železničná 31, 979 01 Rimavská Sobota, Slovensko, e-mail: gaal@ssj.sk

o CO₂ alebo H₂S (FORD a WILLIAMS 1989, PALMER 1991, PALMER 2007, KLIMCHOUK 2007, KLIMCHOUK 2009). Rozpúšťaciú schopnosť týchto vôd určujú prírodné zdroje a procesy, ktoré nemajú vzťah k zemskému povrchu (PALMER 2007). Vo freatických podmienkach vznikajú korózne osamotené (neprepojené) oválne kaverny (tvorom pripomínajúce geódovité dutiny), viacposchodové rozvetvené jaskyne (tzv. trojdimezionálne jaskyne), labyrintové jaskyne vytvorené pozdĺž planárnych litologických rozhraní (tzv. dvojdimenzionálne labyrinty) alebo hlboké freatické šachty; pozdĺž hladiny alebo nad hladinou podzemnej vody sa vytvárajú úrovňové, zväčša labyrintové sulfúricke jaskyne, nahor vystupujúce dendritické jaskyne, izolované dómovité priestory alebo tzv. „dymiace“ vadózne šachty nad termálnymi akviférmi (AUDRA et al. 2009a). Niektorí autori diskutabilne zaraďujú k hypogénnym jaskyniam aj jaskyne vytvorené artézskymi vodami, ktoré sa - v dôsledku doplnovania z bezprostredne prilahlých miest na zemskom povrchu a plytkej cirkulácie - teplotou aj chemizmom takmer neodlišujú od „normálnych“ vôd atmosférického pôvodu (napr. KLIMCHOUK 2007).

Vznik a vývoj týchto jaskýň sa posudzuje na základe hydrogeologických podmienok predmetného územia, osobitej morfológie podzemných priestorov (reťazec kupolovitých vyhlbenín alebo kanál vedúci nahor od miesta prívodu vody, stropné kupoly a pod.) a minerálnej výplne (výskyt minerálov hydrotermálneho pôvodu, zväčša v podobe veľkých idiomorfných kryštálov kalcitu a kremeňa), ako aj zmien geochemizmu materských hornín vplyvom hydrotermálnych procesov (DUBLYANSKY 1997, DUBLYANSKY 2000, KLIMCHOUK 2007, SPÖTL et al. 2009 a iní).

Jaskyne vytvorené vystupujúcimi podzemnými vodami, ktoré nemajú vyššiu agresivitu v dôsledku hlbokkej cirkulácie či hlbinného pôvodu, nemožno považovať za hypogénne (PALMER 2007).

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMIENKY HYPOGÉNEJ SPELEOGENÉZY NA SLOVENSKU

V rámci karpatského oblúka (súčasť severnej vetvy alpsko-himalájskej orogenetickej sústavy) Západné Karpaty predstavujú pásmové vrásovo-príkrovové pohorie oblúkového tvaru so zložitou geologickou stavbou, ktorá vznikala od prvohôr. Najvýznamnejšie pôsobila alpínska orogenéza, v dôsledku ktorej stavebné jednotky sú výrazne pásmovito usporiadané. Na

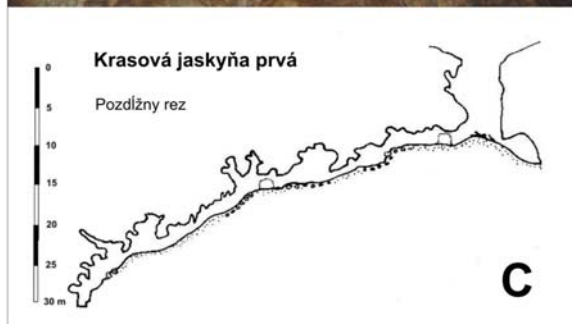
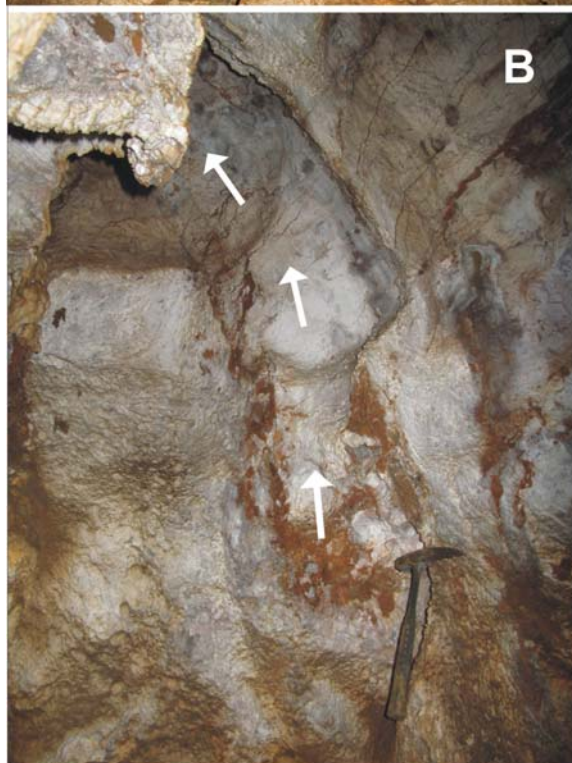
alpínsku stavbu sú naložené neskoršie popríkrovové súvrstvia a tektonické útvary (paleogénne a neogénne panvy), ako aj terciérne a kvartérne neovulkanity.

Z geologického a hydrogeologického hľadiska vhodné podmienky na vývoj hypogénnych jaskýň na území Slovenska sú, resp. boli najmä:

- v mezozoických karbonátoch v podloží alebo bližšom okolí miocénnych stratovulkánov (magmatické fluidá subvulkanických intrúzií vnikajúce do karbonátov alebo ich tesnej blízkosti, miešanie magmatických fluid s presakujúcimi vodami atmosférického pôvodu);
- na okrajoch hrást'ových, resp. klenbohrást'ových pohorí ohraničených neotektonickými zlomami (výstupné prúdenie termálnych alebo mierne ohriatych vôd);
- vo vnútrohorských kotlinách a medzihorských panvách s výskytom geotermálnych vôd, ktoré sa viažu na hlbšie zlomové štruktúry mezozoických karbonátov pokrytých paleogénnymi alebo neogénnymi sedimentmi;
- na výrazných zlomoch v rámci tektonicky rozlamaných štruktúr mezozoických karbonátov (v pohoriach neskôr nerovnomerne vyzdvihnutých), ktoré usmerňovali výstup termálnych roztokov (BELLA et al. 2009, BELLA et al. 2011a, BELLA et al. 2011b);
- pozdĺž tektonicky predisponovaných presunových plôch pripovrchových príkrovov v centrálnych Západných Karpatoch, kde sa vytváral hydrotermálny kras so vznikom rauvakov a rauvakových brekcií (ČINCŪRA a MILOVSKÝ 2000);
- v ložiskách niektorých nerastov hydrotermálneho, metasomatického, prípadne iného hlbinného pôvodu – napr. v sekundárnych kvarcitoch (BELLA et al. 2010, BELLA et al. 2011b).

MORFOGENETICKÉ TYPY PRESKÚMANÝCH HYPOGÉNNYCH JASKÝŇ

Na základe doterajších poznatkov možno na Slovensku predbežne vyčleniť niekoľko morfo-genetických typov hypogénnych jaskýň, ktoré sa navzájom odlišujú mechanizmom speleogenetických procesov a podmienkami ich pôsobenia, morfológiou podzemných priestorov, minerálnymi výplňami aj litológiou materských hornín. Doteraz preskúmané a potvrdené hypogénne jaskyne možno rozdeliť do dvoch základných skupín podľa toho, či vznikli v dôsledku subvulkanických intrúzií (jaskyne v me-



Obr. 1 Krasová jaskyňa prvá, Štiavnické vrchy: A – stropné slepé sférické vyhlbeniny, B – kanál vytvorený vystupujúcim prúdom vody na strmej stene (foto: P. Bella), C – schematický rez jaskyňou (spracoval L. Gaál)

tamorfovaných karbonátoch a sekundárskych kvarcitoch) alebo v podmienkach hlbokej cirkulácie podzemných vôd (jaskyne v karboná-

toch, rúťivá priepasť v nadloží skrasovatených akviférov).

HYPOGÉNNE JASKYNE VYTVORENÉ V DÔSLEDKU SUBVULKANICKÝCH INTRÚZIÍ

Vznik hydrotermálnych jaskýň v Štiavnických vrchoch, ktoré sú z geologického hľadiska súčasťou stredoslovenských neovulkanitov, súvisí so zložitým vývojom a metalogenezou tamojšieho stratovulkánu (pozri LEXA et al. 1999). Ich genéza v rámci hydrotermálnych systémov sa viaže na miocénne subvulkanické intrúzie. Štiavnické hydrotermálne jaskyne sa vytvorili v metamorfovaných karbonátoch aj sekundárnych kvarcitoch. Spôsobom vzniku vo vzťahu na vulkanizmus, resp. subvulkanické intrúzie a prislúchajúcu metamorfózu hornín, sú v našich podmienkach ojedinelé až jedinečné.

Hydrotermálne disolučné jaskyne v metamorfovaných karbonátoch

Krasová jaskyňa prvá, ktorá sa nachádza v severnej časti Štiavnických vrchov asi 3 km južne od Sklených Teplíc, vznikla viacnásobným rozpúšťaním stredotriasových karbonátov hydrotermálnymi roztokmi, pravdepodobne v pokalderovom štádiu vývoja štiavnického stratovulkánu pri vzniku žilných typov mineralizácií. Ide o prvú vápencovú jaskyňu preskúmanú v Štiavnických vrchoch, budovaných prevažne vulkanickými horninami.

Územie v okolí jaskyne budujú stredotriasové vápence a dolomity obalovej jednotky yeporika skupiny Veľkého boku (KONEČNÝ et al. 1998). V gutensteinských dolomitoch a vápencoch, ako aj v steinalmských vápencoch sa pozorujú hydrotermálne premeny a zatlačania, najmä v okolí žíl a žilníkov. Steinalmské vápence sú rekryštalizované, miestami zreteľne mramorizované. Vstupnú šachtu, ústiacu do jaskyne, vykopali baníci asi pred 200 až 300 rokmi. Dĺžka jaskyne je približne 100 m a hĺbka 21 m. Celková hĺbka podzemných priestorov vrátane vyrazenej vstupnej šachty je 31 m (IVAN 1991).

Jaskyňa predstavuje šikmú, miestami stupňovitú nadol klesajúcu chodbu, ktorá má v hornej časti V – Z smer a v dolnej časti S – J smer. V jaskyni vidieť početné stropné kupoly, slepé oválne komíny, menšie aj väčšie dirovité vyhlbeniny. Miestami možno na strmých stenách a šikmých stropoch identifikovať kanály vytvorené vystupujúcim prúdom vody, na čo poukazujú asymetrické lastúrovité vyhlbeniny dosahujúce dimenzie *large scallops* (Obr. 1). V idiomorfných kryštáloch kre-

meňa sa potvrdil výskyt primárnych fluidných inklúzií nepravidelných tvarov s kontrakčnými bublinami, ktoré vznikali pri teplotách asi 200 až 300°C (**Obr. 2**). Illitová minerálna asociácia predstavuje typický produkt hydrotermálnej alterácie hornín „in situ“ v jaskyni. Veľká hrúbka kryštálov (koherentne difraktujúcich domén) bez akýchkoľvek expandujúcich medzivrstiev indikuje hydrotermálne roztoky teplé cca 300°C. Smektit-kaolinitová i goethitová minerálna asociácia vznikla asi pri teplote menej ako 100 až 150°C. Z jaskyne baníci vyrazili dve slepé bočné štôlne sledujúce rudné žily, pričom v južnej štôlni odkryli niekoľko voľných dutín. Z hľadiska celkovej morfológie má jaskyňa charakter neobmedzeného trojdimenzionálneho vývoja, kým menšie kaverny odkryté pri razení štôlne tvarom pripomínajú geódovité dutiny (BELLA et al. 2011b, BELLA et al. 2011c).

Hydrotermálne geódovité dutiny a jaskyne vylúhované pri metamorfnej petrogenéze sekundárnych kvarcítov

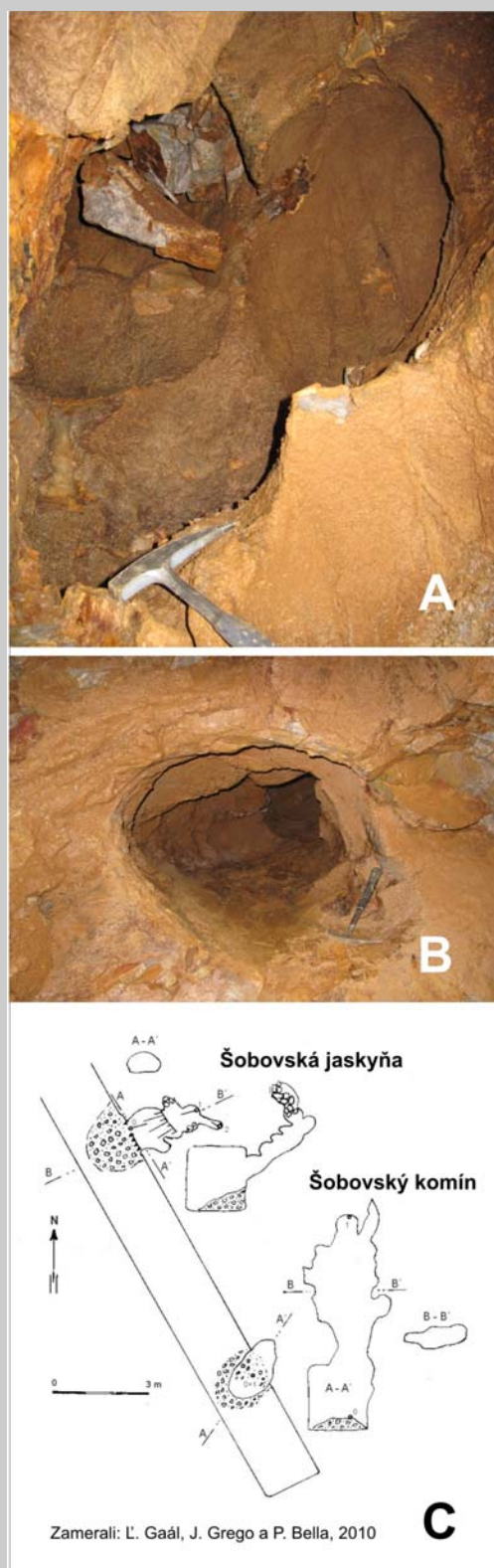
Jaskyne v lome Šobov, asi 1 km severne od Banskej Štiavnice, predstavujú kavernózne du-

tiny v sekundárnych kvarcitoch (kremencoch), ktorých petrogenéza súvisí so subvulkanickou intrúziou kremitého dioritu v predkalderovom štádiu vývoja stratovulkánu. Vznikli kyslým lúhovaním a silicifikáciou andezitových porfýrov fluidami magmatického pôvodu (vysokosulfidačný hydrotermálny systém) súvisiacimi so subvulkanickou intrúziou kremitého dioritu v predkalderovom štádiu vývoja miocénneho stratovulkánu (ŠTOHL et al. 1994, LEXA et al. 1999). Kondenzáciou unikajúcich magmatických pár s oxidovanými formami síry vznikajú extrémne silne kyslé roztoky spôsobujúce intenzívne lúhovanie s vytváraním kavernóznych kvarcítov a metasomatických šilicítov. Prítomnosť pyrofylitu na ložisku Šobov (POLÁK 1963, ÖRUŽINSKÝ 1989, UHLÍK a ŠUCHA 1997) indikuje teplotu nad 270 °C (pozri ŠUCHA 2001 a iní).

Šobovská jaskyňa predstavuje nahor stúpajúcu oválne modelovanú kavernu dlhú 3,5 m, s viacerými stropnými slepými sférickými výklenkami, predurčenú menej výraznou poruchou (fragment pôvodne väčšej jaskyne, ktorej vrchnú časť odťažili na vyššej etáži lomu a spodnú časť prerušila vyrazená štôlna). Šobovský komín tvorí vertikálnu dutinu vysokú 6,3 m pozdĺž takmer zvislého zlomu; z jeho



Obr. 2 Geóda s kryštálmi kremeňa v Krasovej jaskyni prvej (foto: P. Bella)



Obr. 3 Jaskyne v lome Šobov, Štiavnické vrchy: A – stropné sférické vyhlbeniny v hornej časti Šobovskej jaskyne, B – rúrovitá chodba v spodnej časti Šobovskej jaskyne (foto: P. Bella), C – plány Šobovskej jaskyne a Šobovského komína (spracoval Ľ. Gaál)

hornej časti vybieha niekoľko slepých kupolovitých výbežkov (**Obr. 3**). Na stenách komína a v zadnej časti jaskyne možno miestami nájsť drobné kryštály kremeňa (BELLA et al. 2010, BELLA et al. 2011b).

Na fluidné inklúzie kryštalických kremeňov z dutín v kremencoch sa vzťahujú homogenizačné teploty v intervale 200 až 300 °C, s maximom teplôt v rozsahu 250 až 270 °C, ako aj nízkoteplotný pulz pri teplote 150 °C. Kremene kryštalizovali zo slabo koncentrovaných roztokov s prevahou NaCl a KCl (> 2,7 hmot. % NaCl ekv.) v hĺbke minimálne 660 m pod povrchom terénu (ORUŽINSKÝ a HURAI 1985).

HYPOGÉNNÉ JASKYNE VYTVORENÉ V PODMIENKACH HLBOKEJ CIRKULÁCIE PODZEMNÝCH VÔD

Triedenie hypogénnych jaskýň podľa prostredia ich vytvárania v artézskych panvách alebo deformovaných súvrstviach rozpustných hornín (OSBORNE 2009) možno viac-menej aplikovať aj v podmienkach Slovenska. Z tohto hľadiska je účelné rozdeliť disolučné jaskyne vytvorené v podmienkach hlbokoj cirkulácie podzemných vôd podľa toho, či vznikli v neobmedzených karbonátových štruktúrach narušených hlbokými zlomami, v intrastratálnych karbonátových štruktúrach alebo v skrasovatených artézskych akviféroch v podloží medzihorských panví, resp. vnútrohorských kotlín (resp. následkom skrasovatenia artézskych akviférov).

Hydrotermálne disolučné kaverny a jaskyne v neobmedzených karbonátových štruktúrach narušených hlbokými zlomami

Hydrotermálny pôvod Kalcitových jaskýň, ktoré sa nachádzajú vo vrcholovej časti Poludnice (1549 m) na severnej strane Nízkych Tatier, potvrdzuje záznam stabilných izotopov a mikrotermometrické dáta fluidných inklúzií z kryštálov kalcitu veľkých 10 až 20 cm, ako aj kupolovitá morfológia stropu s množstvom sférických vyhlbenín. Homogenizačné teploty dvojfázových inklúzií z týchto kryštálov sa pohybujú v rozmedzí 54 až 90 °C, väčšinou medzi 75 až 85 °C. Hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ vody roztoku, v ktorom kalcit kryštalizoval (cca -10 ‰ SMOW), jednoznačne dokazujú ich pôvod z hlbokocirkulujúcej vody atmosférického pôvodu. Hydrotermálne fluidá sa vytvorili z meteorických vôd prenikajúcich do hlbok pozdĺž zlomových systémov so S – J trendom smeru, ktoré sú v štruktúrach chočského príkrovu bežné a reaktivovali sa pravdepodobne počas

terciéru. Jaskyne tejto genézy patria medzi najstaršie jaskyne v Nízkych Tatier (ORVŔŠOVÁ a HŔRAI 2008). Následkom tektonického zdvihu a zahlbovania dolín sa dostali do vyšších až vrcholových častí horských rázsoch.

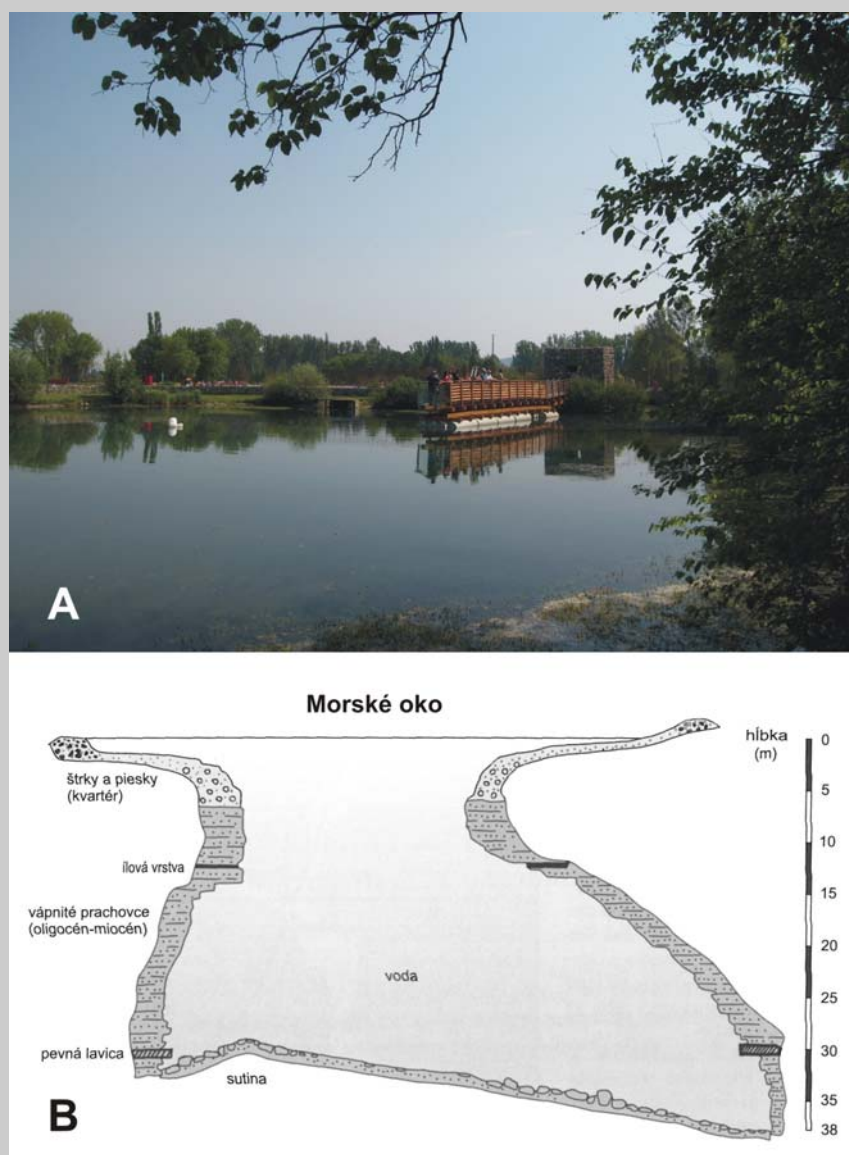
Hydrotermálne disolučné kaverny v intrastratálnych karbonátových štruktúrach

V oblasti silicika sa v početných vrtoch zistili podzemné voľné kaverny (ORVAN 1973 a ORVAN 1999). Najvýraznejšie kaverny sa vyskytli v štruktúrnom vrte MEL-1 južne od Meliaty (Rimavská kotlina, Licinská pahorkatina), ktorý pod karbonátovo-bridličnatými vrstvami meliatika prešiel do šupín silicika.

V steinalmských vápencoch sa v hĺbke 1930 až 2515 m často vyskytovali krasové kaverny veľké až niekoľko metrov s výronmi vôd s teplotou 38 až 49 °C, chemizmom typu Na-Ca-Cl-SO₄ a celkovou mineralizáciou 3,0 g.l⁻¹ (STRAKA 1986, GAÁL 1987). Tieto kaverny vznikli koróziou hydrotermálnych vôd cirkulujúcich po hlbokých tektonických poruchách v podmienkach intrastratálneho krasu (BELLA et al. 2009).

Rútivá freatická studňa nad skrasovateným artézskym akvíferom v podloží medzihorskej panvy

Zatopená zvonovitá studňa Morské oko pri Tornali v Rimavskej kotline (**Obr. 4**), vytvore-



Obr. 4 Zatopená priepasť Morské oko v Tornali, Rimavská kotlina: A – výverovo-odtokové jazero (foto: P. Bella), B – geologický rez priepasťou (topografia podľa J. Hovorku, upravil Ľ. Gaál)

ná v oligocénno-miocénnom súvrství vápnných prachovcov, predstavuje výver mierne ohriatych artézskych vôd z podložných karbonátov šafárikovskej elevácie dotovaných meteorickými vodami z juhozápadného okraja Silickej planiny pozdĺž štítnického zlomu (GAÁL 1987, GAÁL 2008, ZAKOVIČ et al. 1994, GAÁL et al. 2007). Studňa dosahuje hĺbku 38 m. Výdatnosť prameňa je 29 až 35 l.s⁻¹, teplota vody 16,2°C s kalciumbikarbonátovým typom chemizmu a celkovou mineralizáciou 769 mg.l⁻¹ vrátane obsahu síranov (ORVAN 1960, ORVAN 1973). Vrtom HM-5 v blízkosti Morského oka sa karbonáty zistili v hĺbke 155 m so silným výronom podzemnej vody. Predterciérne podložie sa rozčlenilo na poklesnuté a vysoké kryhy následkom miocénnych tektonických pohybov, najmä po zlomoch smeru SV – JZ a SŽ – JV (VASS et al. 1989).

Morské oko predstavuje zaplavenú rútvivú až kolapsovú depresiu vzniknutú následkom hypogénneho krasovatenia podložných karbonátov. Nad krasovými dutinami sa nadložné súvrstvie vápnných prachovcov v oslabených miestach narušuje rútením postupujúcim odspodu nahor. Opadávaním stropu sa dutiny zväčšujú až sa miestami destabilizovaný strop úplne zrútil (angl. *progradational collapse*). Freatická studňa Morské oko pripomína hlboké kolapsové depresie zv. *obruks*, ktoré vznikli v súčinnosti s hypogénnym krasovatením (pozri BAYARI et al. 2009).

HYDROTERMÁLNE KAVERNY INTEGROVANÉ DO JASKÝŇ MULTIPROCESOVEJ GENÉZY

Pri skúmaní jaskýň hydrotermálneho pôvodu treba rozlišovať, či ide o samostatné hydrotermálne jaskyne, hydrotermálne kaverny posthydrotermálne integrované do rozsiahlejších jaskýň, resp. jaskyne skladajúce sa z dvoch, prípadne viacerých morfogeneticky odlišných častí. Aj na území Slovenska sú známe prípady, keď menšie i väčšie kaverny hydrotermálneho pôvodu boli v mladších fázach krasovatenia začlenené do rozsiahlejších jaskýň, ktoré sa vytvorili „normálnymi“ atmosférickými vodami.

Na severnej strane Nízkyh Tatier sa v rôznych sférických kavernách prerezaných mladšími jaskynnými chodbami (Silvošova diera, Nová stanišovská jaskyňa, Starý hrad) našli kryštály kalcitu hydrotermálneho pôvodu (ORVOŠOVÁ et al. 2004; ORVOŠOVÁ 2005). V horných častiach Drienovskej jaskyne, ktoré sa morfológicky odlišujú od jej hlavnej spodnej chodby s aktívnym podzemným riečiskom, sa našli drúzy kalcitu s kryštálmi veľkými do 15 cm (vo sférických dutinách),

navyše aj sadrovec, zatiaľ neobjasneného pôvodu (ZACHAROV 1985, ZACHAROV a KOŠUTH 2005). Výskyt sadrovca môže indikovať sulfurickú speleogenézu, resp. vplyv sulfurických procesov na vytváraní horných častí Drienovskej jaskyne (BELLA a BOSÁK 2012).

DISKUSIA A ZAMERANIE VÝSKUMU

PREDPOKLADANÉ LOKALITY HYDROTERMÁLNEJ SPELEOGENÉZY

Územia a jaskyne s predpokladaným vplyvom miocénneho vulkanizmu na speleogenézu

Okrem Štiavnického stratovulkánu podmienky na hydrotermálnu speleogenézu vplyvom miocénneho vulkanizmu a sprievodnej metalogenézy karbonátov viac-menej boli aj v čiastkových štruktúrach mezozoických vápencov pri Ponikách v Bystrickej vrchovine (jaskyňa Starý Drienok), pri Tisovci na Muránskej planine, v okolí Veľkého Poľa a Píly v pohorí Trábeč či pri Ardove na juhozápadnom okraji Silickej planiny v Slovenskom krase (pozri POLÁK 1955, BACSÓ 1964, SLAVKAY 1971, BURIAN et al. 1985, SLAVKAY a BENKA 1995). V týchto oblastiach sa detailný speleogenetický výskum zatiaľ nerealizoval, resp. v nedostačujúcej miere. V masíve Hrádku v Ponickom krase SLAVKAY (1963 a 1970) spomína množstvo nepravidelných kavern veľkosti 0,5 až 13 m (zistených vrtmi), ako aj niekoľko jaskýň objavených pri razení prieskumnej štôlne (vrátane jaskyne na styku vápencov a dolomitu so slabým galenitovým zrudnením). GAÁL (2008) dáva hydrotermálny vývoj jaskyne Drienka na Silickej planine (s výskytom kryštálov kalcitu) do súvislosti s postvulkanickou činnosťou v priľahlých oblastiach v sarmate alebo panóne.

V Malachovskom podhorí na východnom okraji Kremnických vrchov sa pri Horných Pršanoch nachádzajú štyri menšie jaskyne s dĺžkami 3,1 až 9,5 m, vytvorené v prekremenných brekciovitých dolomitoch. Ich diskutabilnou genézou sa zaoberali BUKOVINSKÝ (1985), VÍTEK (1987 a 1989) a MITTER (1990). Podľa BEAUDOUINA et al. (2001) tektonicky zbrekciovatené dolomity boli počas strednomiocénneho vulkanizmu v hĺbke metasomaticky zatláčané kremíkonosnými hydrotermálnymi roztokmi a jaskyne sa vytvorili selektívnym vyvetrávaním rôzne veľkých zvyškov dolomitov krasovými a mechanickými procesmi po denudačnom odstránení vulkanického nadložia. Časté sférické tvary a priehlbiny, ako

aj výskyt hydrotermálnych minerálov, ktoré BEAUDOUIN et al. (2001) uvádzajú v Kremenej, Chalcedónovej a Opálovej jaskyni, oprávňujú predpokladať primárny hydrotermálny pôvod aspoň niektorých častí týchto jaskýň (neskôr boli remodelované mechanickým zvetrávaním, prípadne sčasti aj antropogénnou činnosťou).

Ďalšie jaskyne s mineralogickými a morfológickými indíciami hydrotermálnej speleogenézy vo vápencoch

Väčšie kryštály kalcitu sa vyskytujú aj v niektorých jaskyniach, ktoré sú vytvorené v karbonátoch mimo oblastí vplyvu vulkanizmu (Kryštálová jaskyňa v Malej Fatre, jaskyňa Dúpnica v Západných Tatrách, Beckovská jaskyňa v Považskom Inovci, Drienovská jaskyňa v Slovenskom krase, Sedláková diera v Belianskych Tatrách, Zápoľná v doline Čierneho Váhu a iné), prevažne pozdĺž alebo v blízkosti výraznejších zlomov na okrajoch pohorí alebo planín. Tieto jaskyne treba detailnejšie preskúmať z mineralogického i geomorfologického hľadiska (stabilné izotopy a fluidné inklúzie v kryštáloch, morfológické tvary indikujúce výstupné prúdenie vody a pod.) a presnejšie objasniť ich pôvod. Výskyt hydrotermálnych disolučných kavern možno predpokladať aj v medziorských panvách i vnútroorských kotlinách, v ktorých podložné karbonáty tvoria hydrogeologické štruktúry geotermálnych vôd.

V našej staršej literatúre na vplyv hydrotermálnych procesov na vývoj jaskýň poukázal SENĚŠ (1945 – 1946). Na základe sčasti osobitej morfológie jaskýň medzi Jasovom a Moldavou na pravom brehu Bodvy uvažuje o ich vzniku účinkom termálnych vôd a neskoršom zväčšení pôsobením studených vôd. Výsledky doterajších výskumov neumožňujú potvrdiť tento predpoklad, hoci v Jasovskej jaskyni sú zjavné morfológické indikátory výstupného prúdenia vody (BELLA et al. 2012).

Podobne morfológia podzemných priestorov s početnými, nepravidelne usporiadanými väčšími i menšími sférickými vyhlbeninami viedla NICODA (1974) a CHOPPYHO (1994) považovať Ochtinskú aragonitovú jaskyňu v Revúckej vrchovine za hydrotermálnu. Táto je vytvorená je v kryštalických spodnodevónskych vápencoch, ktoré sa vo vrchnej kriede počas hydrotermálneho zrudňovania masívu Hrádku horečnato-železitými termálnymi roztokmi sčasti premenili na ankerity a siderity (GAÁL 2004 a iní). V jej podzemných priestoroch sa doteraz nezistili žiadne minerály hydrotermálneho pôvodu (CÍLEK et al. 1998; BOŠÁK et al. 2002).

Predpoklady hypogénnej speleogenézy v ložiskách magnezitu metasomatického pôvodu

Litologicky i geneticky osobitný typ hypogénnych jaskýň sa pravdepodobne vytvoril v karbónskych magnezitových telesách Slovenského rudohoria. RADVANEC et al. (2010) vysvetľujú vznik tamojších magnezitov interakciou hlboko uložených karbónskych útesových vápencov s Mg fluidami, ktoré v stykovej zóne gemerika a veporika prenikali po extenzných zlomoch vo forme soľaniek z vrchnopermských evaporitových panví nadol cez sedimentárne súvrstvia gemerika do vápencových šošoviek v hĺbke asi 7 až 10 km, v oblasti Mikovej pri Jelšave s teplotou 370 až 420 °C. Podľa HURAIA et al. (2011) karpatské magnezity pravdepodobne vznikli vplyvom hydrotermálnych roztokov, ktoré spôsobili metasomatické zatlačanie karbonátov magnezitových a sideritových ložísk počas alpínskej metamorfózy pozdĺž strižných zlomov vytvorených v strednej až vrchnej kriede (v oblasti gemerika pri teplote 180 až 310 °C). Pôsobením hydrotermálnych roztokov sa v magnezitoch mohli vytvárať prvotné kaverny až jaskyne.

Magnezity gemerika obsahujú priemerne okolo 3 % FeO, ktorého oxidácia bola podľa ŽENIŠA a GAÁLA (1986a a 1986b) primárnou príčinou vzniku mnohých podzemných dutín. Oxidáciou Fe²⁺ na Fe³⁺ a hydratáciou vznikajú hydroxidy železa, najmä limonit a goethit, často aj so zvýšeným obsahom mangánu a ďalších iónov. Tieto procesy sú intenzívne najmä pozdĺž zlomov a dislokačných pásiem, ktoré usmerňujú presakovanie, resp. prenikanie vôd aj do hlbších častí ložiska. Nerozpustným zvyškom oxidačného procesu je oker, pozostávajúci z hydroxidov Fe a Mn, ktoré môžu obsahovať aj 50 hm % vody. V prípade intenzívnejšieho prúdenia vody v zlomových štruktúrach sa časť okrov spravidla odplavuje, čím vznikajú voľné kaverny, dokonca i väčšie jaskyne dlhé niekoľko desiatok až stoviek metrov. Goethit však vzniká oxidáciou minerálov železa aj v hydrotermálnom prostredí (ANTHONY et al. 1997 a iní). Na mnohých miestach sa dolomitové a aragonitové kryštály, pravdepodobne hydrotermálneho pôvodu, vytvorili na povrchu okrov viac či menej vyplňujúcich voľné dutiny v magnezitoch. Neskoršie prenikanie vody pozdĺž zlomov a dislokačných pásiem môže podporovať aj prítomnosť dutín hydrotermálneho pôvodu. Účinky chemického rozpúšťania magnezitov sú veľmi slabé až zanedbateľné, o čom svedčí aj úplná absencia krasových javov na povrchu magnezitových telies a chýbanie jaskýň v bezželezitých magnezitoch veporika.

Doteraz sa preskúmali jaskyne v magnezitovom telese Burda pri obci Rovné (s najväčšou jaskyňou BU-2 dĺhou 73 m), v Dúbravskom masíve pri Jelšave (jaskyňa DM-3 dlhá 51 m, v nepublikovaných správach sú údaje o jaskyniach s odhadnutou dĺžkou do 500 m), ako aj menšie jaskyne pri Lubeníku, Podrečanoch (110 m pod povrchom) či na ložisku Bankov pri Košiciach (GAÁL a ŽENIŠ 1984, GAÁL a ŽENIŠ 1986, ŽENIŠ a GAÁL 1986a, ŽENIŠ a GAÁL 1986b, MITTER a PAVLARČÍK 1996). Upchaním odtokových ciest sa podzemné dutiny, situované nad eróznou bázou okolitého terénu, naplňajú vodou presakujúcou zo zrážok. Na ložisku v Dúbravskom masíve sa takto zaplavené kaverny až jaskyne občas nafárali ťažbou, čím sa mohutné privaly vody dostali do banských diel (CABALA 1985).

Možno predpokladať, že vznik najstarších dutín a jaskýň v magnezitoch sa viaže na alpinske zlomové štruktúry vytvorené v strednej alebo vrchnej kriede v hlbinných podmienkach so zvýšeným teplotným gradientom. K tomu treba vykonať rtg. analýzu okrov, ako aj analýzy stabilných izotopov a fluidných inklúzií v dolomitových a aragonitových kryštáloch, ktoré sa v podzemných dutinách miestami hromadne vyskytujú.

DISOLUČNÉ JASKYNE (S MORFOLOGICKÝMI ZNAKMI HYPOGÉNNĚHO VÝVOJA) NA OKRAJOVÝCH ZLMOCH HRASŤOVÝCH A KLENBOHRASŤOVÝCH POHORÍ

Niektoré krasové korózne jaskyne vytvorené vystupujúcimi vodami pozdĺž zlomov majú veľmi podobné až rovnaké morfológické znaky ako hypogénne jaskyne. Doteraz sa však v nich nezistili, resp. neskúmali minerálne výplne či alterácie materských hornín, ktoré by zodpovedali hypogénnej speleogenéze (Belianska jaskyňa, Plavecká jaskyňa, Plavecká priepasť a iné). Napriek tomu OSBORNE (2009) zaraďuje Beliansku jaskyňu medzi hypogénne jaskyne vytvorené v deformovaných súvrstviach rozpustných hornín. Bez mineralogických a izotopových dôkazov by sa nemali klasifikovať ako „pravé“ hypogénne jaskyne (BELLA a BOSÁK 2012).

Morfológia podzemných priestorov (najmä mohutné stropné kupoly) aj predkvartérny (spodnopliocénny až miocénny?) vek sedimentárnych výplní Belianskej jaskyne indukujú, že sa vytvárala v odlišných geomorfologických a hydrogeologických podmienkach ako v súčasnosti a pravdepodobne má hypogénny pôvod. Vody hlbinej cirkulácie, ktoré sa podieľali na modelácii tejto jaskyne (dlhjej 3 829 m a hlbkej 168 m), už v miocéne vystupovali pozdĺž podtatransko-ružbašského zlomu a s ním

zviazaných zlomovo-puklinových systémov (aktivovaných prvotným výzdvihom Tatier). V spodnom a strednom miocéne povrch nad prvotnými priestormi jaskyne nebol ešte zarovnaný, dokonca ani odhalený spod nadložných paleogénnych hornín (BELLA et al. 2007, BELLA et al. 2011a).

Tektonické a hydrogeologické predpoklady, ako aj morfológia podzemných priestorov ukazujú na vytváranie Plaveckej jaskyne (dlhá 837 m, vertikálne prevýšenie 33 m) a Plaveckej priepasti (hlboká 70 m) mierne ohriatymi vodami, ktoré vystupovali pozdĺž výrazného zlomového pásma na rozhraní Malých Karpát a Záhorskej nížiny. Vody infiltrované v priľahlej časti Plaveckého krasu prenikajú pozdĺž štruktúrno-tektonických diskontinuit do väčších hĺbok, pričom sa otepľujú a na okraji hrastového pohoria mierne ohriate vystupujú pozdĺž zlomu až na povrch do vyvieracky pod Plaveckým hradom (BELLA 2010). Priemerná teplota vody tejto vyvieracky je 12, 8°C (SHMÚ 2008, SHMÚ 2009); priemerná ročná teplota vzduchu na nížinnom úpätí Malých Karpát pri Plaveckom Podhradí je 9 až 10 °C. V Plaveckej priepasti na dne dómovitého priestoru je jazero s vodou teplou 13,0 až 13,1 °C (KOŠEL 2005).

ZÁVER

Doteraz preskúmané hypogénne jaskyne na Slovensku patria z hľadiska vzniku a vývoja medzi najpozoruhodnejšie podzemné krasové javy. Jaskyne hydrotermálneho pôvodu treba diferencovať, či vznikli v dôsledku subvulkanických, resp. magmatických intrúzií alebo hlbinej cirkulácie vôd atmosférického pôvodu pozdĺž zlomov. Osobitou genézou, súvisiacou s subvulkanickým vysokosulfidačným hydrotermálnym systémom, si mimoriadnu pozornosť zasluhujú nevelké jaskyne v sekundárnych kvarcítach objavené v Šobovskom lome pri Banskej Štiavnici (v speleologickej literatúre jaskyne tejto genézy doteraz neboli opísané). Podmienky na artézsku speleogenézu sú vo vnútrohorských kotlinách a medzihorských panvách, v rámci ktorých sú štruktúry mezozoických karbonátov pokryté paleogénnymi alebo neogénnymi sedimentmi. Pritom na hlbšie hydrogeologické štruktúry sa viaže hydrotermálne krasovatenie. S cieľom spresniť genézu treba použitím novších metód opätovne preskúmať, prípadne geneticky diferencovať jaskyne vytvorené v magnezitoch.

Výskum hypogénnych i ostatných koróznych jaskýň, ktoré sa vytvárali vystupujúcimi vodami, prispieva k súbornejšiemu poznaniu rôznorodých podmienok a procesov vzniku a vývoja jaskýň na Slovensku. Z hľadiska oso-

bitej morfológie a zväčša i minerálnych výplní si zasluhujú primeranú ochranu.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol v rámci riešenia vedeckého grantového projektu VEGA č. 1/0030/12 „Hypogénne jaskyne na Slovensku: speleogenéza a morfo-genetické typy“.

LITERATÚRA

- ANTHONY, J. W., BIDEAUX, R. A., BLADH, K. W., NICHOLS, M. C. (1997). *Handbook of Mineralogy – Vol. III (Halides, Hydroxides, Oxides)*. Mineral Data Publishing, Tucson, Arizona, 628 p.
- AUDRA, Ph., MOCOCHAIN, L., BIGOT, J.-Y., NOBÉCOURT, J.-C. (2009a). Hypogene cave patterns. In Klimchouk, A. B., Ford, D. C., eds. *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper, 1, Simferopol, 17 – 22.
- AUDRA, Ph., MOCOCHAIN, L., BIGOT, J.-Y., NOBÉCOURT, J.-C. (2009b). Morphological indicators of speleogenesis: hypogenic speleogens. In Klimchouk, A. B., Ford, D. C., eds. *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper, 1, Simferopol, 23 – 32.
- BACSO, Z. (1964). Potriasové skarnové ložiská pri Tisovci. *Geologické práce, Správy*, 31, Bratislava, 13 – 45.
- BAYARI, C. S., OZYURT, N. N., PEKKAN, E. (2009). Giant collapse structures formed by hypogenic karstification: the obruks of the central Anatolia, Turkey. In Klimchouk, A. B., Ford, D. C., eds. *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Simferopol, Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper, 1, Simferopol, 83 – 90.
- BEAUDOUIN, H., GAÁL, Ľ., GALVÁNEK, J. (2001). Hodnoty anorganickej prírody Prírodnej pamiatky Kremena a vplyv človeka na ne. *Ochrana prírody*, 19, 5 – 24.
- BELLA, P. (2010). Vytváranie jaskýň vodami vystupujúcimi pozdĺž okrajového zlomu Malých Karpát pri Plaveckom Podhradí – hydrogeologické podmienky a morfológické znaky. *Aragonit*, 15, 2, 65 – 70.
- BELLA, P. (2012). Vznik hypogénnych jaskýň na Slovensku vo vzťahu ku geologickej stavbe Západných Karpát. In Bella, P., Papčo, P., eds. *Geomorfológia a integrovaný výskum krajiny. Zborník abstraktov a Exkurzný sprievodca. 7. vedecká konferencia Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV (Ružomberok, 10. – 12. september 2012)*. VERBUM - vydavateľstvo Katolíckej univerzity v Ružomberku, 9 – 12.
- BELLA, P., BOSÁK, P. (2012). Speleogenesis along deep regional faults by ascending waters: case studies from Slovakia and Czech Republic. *Acta Carsologica*, 41, 2 – 3 (v tlači).
- BELLA, P., GAÁL, Ľ., BOSÁK, P. (2009). Predpoklady a indicie vývoja hypogénnych jaskýň na Slovensku. *Aragonit*, 14, 2, 159 – 161.
- BELLA, P., GAÁL, Ľ., GREGO, J. (2010). Hydrotermálne kvarcité jaskyne v lome Šobov pri Banskej Štiavnici. *Slovenský kras*, 48, 1, 19 – 30.
- BELLA, P., BOSÁK, P., PRUNER, P., GLÁZEK, J., HERCMAN, H. (2011a). Vývoj doliny Bielej vo vzťahu ku genéze Belianskej jaskyne. *Geografický časopis*, 63, 4, 369 – 387.
- BELLA, P., GAÁL, Ľ., ŠUCHA, V., KODĚRA, P., GREGO, J. (2011b). Hydrotermálne jaskyne v Štiavnických vrchoch. *Aragonit*, 16, 1 – 2, 59 – 60.
- BELLA, P., ŠUCHA, V., GAÁL, Ľ., KODĚRA, P. (2011c). Krasová jaskyňa prvá v Štiavnických vrchoch – hydrotermálna speleogenéza v karbonátovom podloží miocénneho stratovulkánu. *Slovenský kras*, 49, 1, 5 – 21.
- BELLA, P., BOSÁK, P., ZACHAROV, M. (2012). Morfológické indikátory výstupného prúdenia vody vo vzťahu ku genéze Jasovskej jaskyne. *Slovenský kras*, 50, 2 (v tlači).
- BOSÁK, P., BELLA, P., CÍLEK, V., FORD, D. C., HERCMAN, H., KADLEC, J., OSBORNE, A., PRUNER, P. (2002). Ochtiná Aragonite Cave (Western Carpathians, Slovakia): Morphology, Mineralogy of the Fill and Genesis. *Geologica Carpathica*, 53, 6, 399 – 410.
- BUKOVINSKÝ, V. G. (1985). Kremenná jaskyňa. *Krásky Slovenska*, 62, 6, pp. 38.
- BURIAN, J., SLAVKAY, M., ŠTOHL, J., TÖZSER, J. (1985). *Metalogenéza neovulkanitov Slovenska*. Mineralia Slovaca – Monografia, Alfa, Bratislava, 269 p.
- CABALA, D. (1985). The water problem in relation to mining at magnesite deposits in Slovakia. *Proceedings, 2nd International Mine*

- Water Association Congress*, 2, Granada, 919 – 930.
- CÍLEK, V., BOSÁK, P., MELKA, K., ŽÁK, K., LANGROVÁ, A., OSBORNE, A. (1998). Mineralogické výzkumy v Ochtinskej aragonitovej jeskyni. *Aragonit*, 3, 7 – 12.
- ČINČURA, J., MILOVSKÝ, R. (2000). Hydrotermálny kras pripovrchových príkrovov centrálnych Západných Karpát. *Slovenský kras*, 38, 33 – 38.
- DUBLYANSKY, Y. V. (1997). Hydrothermal Cave Minerals. In Hill, C., Forti, P., eds. *Cave Minerals of the World*. NSS, Huntsville, Alabama, USA, 252 – 255.
- DUBLYANSKY, Y. V. (2000). Hydrothermal Speleogenesis – Its Settings and Peculiar Features. In Klimchouk, A. B., Ford, D. C., Palmer, A. N., Dreybrodt, W., eds. *Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers*. Huntsville, Alabama, USA, 292 – 297.
- FORD, D. C., WILLIAMS, P. W. (1989). *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman, London – Boston – Sydney – Wellington, 601 p.
- GAÁL, Ľ. (1987). Kras Rimavskej kotliny. *Slovenský kras*, 25, 5 – 27.
- GAÁL, Ľ. (2004). Geológia Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Slovenský kras*, 42, 37 – 56.
- GAÁL, Ľ. (2008). *Geodynamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu*. ŠOP SR, SSJ, Liptovský Mikuláš – Knižné centrum, Žilina, 168 p.
- GAÁL, Ľ., ŽENIŠ, P. (1984). Jaskyne v magnezitoch Dúbravského masívu. *Spravodaj SSS*, 15, 4, 3 – 11.
- GAÁL, Ľ., ŽENIŠ, P. (1986). Kras Revúckej vrchoviny. *Slovenský kras*, 24, 27 – 60.
- GAÁL, Ľ., BALCIAR, I., BELANOVÁ, E., MEGELA, M., PAPÁČ, V., VANĚKOVÁ, H. (2007). Zatopená priepasť Morské oko v Rimavskej kotline. *Aragonit*, 12, 4 – 9.
- HURAI, V., HURAIOVÁ, M., KODĚRA, P., PROCHASKA, W., VOŽÁROVÁ, A., DIANIŠKA, I. (2011). Fluid inclusion and stable C-O isotope constraints on the origin of metamorphic magnesite deposits of the Western Carpathians, Slovakia. *Russian Geology and Geophysics*, 52, 11, 1474 – 1490.
- CHOPPY, J. (1994). *La première karstification*. Synthèse spéléologique et karstique, Les facteurs géographiques, 3, Spéléo-Club de Paris, Club Alpin Français, Paris, 70 p.
- IVAN, K. (1991). Pracovný rajón oblastnej skupiny B. Štiavnica. *Spravodajca SSS*, 21, 1, 24 – 28.
- KLIMCHOUK, A. (2007). *Hypogene Speleogenesis: Hydrological and Morphogenetic Perspective*. National Cave and Karst Research Institute, Special Paper, 1, Carlsbad, NM, 106 p.
- KLIMCHOUK, A. (2009). Morphogenesis of hypogenic caves. *Geomorphology*, 106, 1 – 2, 100 – 117.
- KONEČNÝ, V., LEXA, J., HALOUZKA, R., DUBLAN, Ľ., ŠIMON, Ľ., STOLÁR, M., NAGY, A., POLÁK, M., VOŽÁR, J., HAVRILA, M., PRIŠTAŠ, J. (1998). *Geologická mapa regiónu Štiavnických vrchov a Pohronskeho Inovca 1 : 50 000*. Geologická služba SR, Bratislava.
- KOŠEL, V. (2005). Ktorá je najteplejšia? *Spravodaj SSS*, 36, 4, 29 – 30.
- LEXA, J., ŠTOHL, J., KONEČNÝ, V. (1999). The Banská Štiavnica ore district: relationship between metallogenetic processes and the geological evolution of a stratovolcano. *Mineralium Deposita*, 34, 5 – 6, 639 – 654.
- MITTER, P. (1990). Jaskyňa v kremeni. *Spravodajca SSS*, 21, 1, 39 – 40.
- MITTER, P., PAVLARČÍK, S. (1996). Niektoré poznatky o skrasovatení magnezitov v okolí Jelšavy. In Lalkovič, M., ed. *Kras a jaskyne – výskum, využívanie a ochrana. Zborník referátov z vedeckej konferencie (Liptovský Mikuláš, 10. – 11. október 1995)*. Liptovský Mikuláš, 39 – 44.
- NICOD, J. (1974). Les régions karstiques de Slovaquie et de Hongrie septentrionale. *Bulletin Société de Géographie (nouvelle série)*, 82, 12, 14, Marseille, 11 – 25.
- ORUŽINSKÝ, V. (1989). Sekundárne kvarcity stredoslovenských neovulkanitov. *Mineralia Slovaca*, 21, 6, 525 – 533.
- ORUŽINSKÝ, V., HURAI, V. (1985). Fluidné uzavreniny sekundárnych kvarcitov štiavnického stratovulkánu. *Mineralia Slovaca*, 17, 5, 415 – 424.
- ORVAN, J. (1960). O pôvode minerálnych vôd v Šaňárikove. *Geologické práce, Správy*, Geologický ústav SAV, Bratislava, 17, 203 – 213.
- ORVAN, J. (1973). Hydrogeologické pomery Rimavskej kotliny. *Mineralia Slovaca*, 5, 3, 271 – 278.

- ORVAN, J. (1999). Podzemné vody Slovenského krasu. In Šmídt, J., ed. *Výskum a ochrana prírody Slovenského krasu (Zborník referátov zo seminára k 25. výročiu vyhlásenia CHKO Slovenský kras)*. SAŽP – Centrum ochrany kultúrnej krajiny a prírodného dedičstva – Správa CHKO Slovenský kras Brzotín – ZO SZOPK Makatanhan Oyate Moldava nad Bodvou, Brzotín, 51 – 59.
- ORVOŠOVÁ, M. (2005). Kalcitové kryštály v reliktoch fosílného hydrotermálneho krasu v Nízkyh Tatrách. *Slovenský kras*, 43, 53 – 66.
- ORVOŠOVÁ, M., HURAI, V. (2008). Kryštály kalcitu v Kalcitovej jaskyni 1 a 2 na Poludnici, Nízke Tatry. *Slovenský kras*, 46, 1, 87 – 97.
- ORVOŠOVÁ, M., HURAI, V., SIMON, K., WIEGEROVÁ, V. (2004). Fluid inclusion and stable isotopic evidence for early hydrothermal karstification in vadose caves of the Nízke Tatry Mountains (Western Carpathians). *Geologica Carpathica*, 55, 5, 421 – 429.
- OSBORNE, R. A. L. (2009). Hypogene caves in deformed (fold belt) strata: observations from Eastern Australia and Central Europe. In Klimchouk, A. B., Ford, D. C., eds. *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper, 1, Šimferopol, 33 – 43.
- PALMER, A. N. (1991). Origin and morphology of limestone caves. *Geological Society of America Bulletin*, 103, 1, 1 – 21.
- PALMER, A. N. (2007). *Cave Geology*. Cave Books, Dayton, Ohio, 454 p.
- POLÁK, S. (1955). Metasomatické výskyty galenitu v strednotriasových vápencoch pri Píle, okr. Nová Baňa. *Geologické práce, Správy*, 2, Geologický ústav SAV, Bratislava, 53 – 60.
- POLÁK, S. (1963). Ku genéze ložiska dinosových kremencov na vrchu Šobov pri Banskej Štiavnici. *Geologické práce, Správy*, 29, Geologický ústav SAV, Bratislava, 143 – 155.
- POLÁK, S. (1982). Nová ložisková interpretácia olovnatého ložiska Ján (Veľké Pole, okr. Žiar nad Hronom). *Mineralia Slovaca*, 14, 5, 453 – 460.
- RADVANEČ, M., BAJTOŠ, P., NÉMETH, Z., KODÉRA, P., PROCHÁSKA, W., RODA, Š., TRÉGER, M., BALÁŽ, P., GREČULA, P., CICMANOVÁ, S., KRÁL, J., ŽÁK, K. (2010). *Magnesite and talc in Slovakia – genetic and geoenvironmental model*. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 189 p.
- SENEŠ, J. (1945–1946). Výskumné práce v Juhoslovenskom krase. *Krásky Slovenska*, 23, 6, 128 – 132.
- SHMÚ (2008). *Hydrologická ročenka 2007 – podzemné vody*. Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, 166 p.
- SHMÚ (2009). *Hydrologická ročenka 2008 – podzemné vody*. Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, 166 p.
- SLAVKAY, M. (1963). Ponický kras. *Slovenský kras*, 4, 57 – 69.
- SLAVKAY, M. (1970). Aragonitová jaskyňa v Ponickom krase. *Slovenský kras*, 8, 95 – 99.
- SLAVKAY, M. (1971). Ložiská polymetalických rúd pri Ponikách. *Mineralia Slovaca*, 11, 3, 181 – 213.
- SLAVKAY, M., BEŇKA, J. (1995). Geológia, mineralógia a metalogenéza oloveno-zinkových rúd pri Ardove. *Mineralia Slovaca*, 27, 2, 79 – 88.
- SPÖTL, C., DUBLYANSKY, Y., MEYER, M., MANGINI, A. (2009). Identifying low-temperature hydrothermal karst and palaeowaters using stable isotopes: a case study from an alpine cave, Entrische Kirche, Austria. *International Journal of Earth Sciences*, 98, 3, 665 – 676.
- STRAKA, P. (1986). Hlboký štruktúrny vrt MEL-1 Meliata. *Regionálna geológia Západných Karpát*, 21, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, Bratislava, 89 – 92.
- ŠTOHL, J., LEXA, J., KALIČIAK, M., BACSO, Z. (1994). Metalogenéza žilníkových polymetalických mineralizácií v neovulkanitoch Západných Karpát. *Mineralia Slovaca*, 26, 2, 75 – 117.
- ŠUCHA, V. (2001). *Íly v geologických procesoch*. Vydavateľstvo UK, Bratislava, 159 p.
- UHLÍK, P., ŠUCHA, V. (1997). Distribúcia pyrofilitu ložiska Šobov a porovnanie jeho vlastností s pyrofilitom z Vígláskej Huty. *Mineralia Slovaca*, 29, 1, 73 – 79.
- VASS, D., ELEČKO, M., PRISTAŠ, J., LEXA, J., HANZEL, V., MODLITBA, I., JANOVA, V., BOĐNÁR, J., HUŠÁK, Ľ., FILO, M., MÁJOVSKÝ, J., LINKEŠ, V. (1989). *Geológia Rimavskej kotliny*. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 162 p.

- VÍTEK, J. (1987). Kremenica – přírodní unikát středního Slovenska. *Krásy Slovenska*, 64, 12, 34 – 36.
- VÍTEK, J. (1989). Jeskyně a mikroformy v neovulkanitech Kremnických vrchů. *Československý kras*, 40, 129 – 131.
- ZAKOVIČ, M., BODIŠ, D., ORVAN, J., LOPÁŠOVSKÝ, K. (1994). Hydrogeológia Rimavskej kotliny a východnej časti Cerovej vrchoviny. *Západné Karpaty, Sér. Geológia*, 123, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 119 – 142.
- ZACHAROV, M. (1985). Geomorfologické a geologické pomery nových priestorov Drienovskej jaskyne. *Spravodaj SSS*, 16, 1 – 2, 3 – 7.
- ZACHAROV, M., KOŠUTH, M. (2005). Výskyt sadrovca v Drienovskej jaskyni, Slovenský kras. *Slovenský kras*, 43, 145 – 153.
- ŽENIŠ, P., GAÁL, E. (1986a). Nové jaskyne v magnezitoch Dúbravského masívu. *Spravodaj SSS*, 15, 4, 3 – 11.
- ŽENIŠ, P., GAÁL, E. (1986b). Magnesite karst in the Slovenské rudohorie Mts. (Czechoslovakia). *Communications, 9th International Congress of Speleology*, 2, Barcelona, 36 – 39.