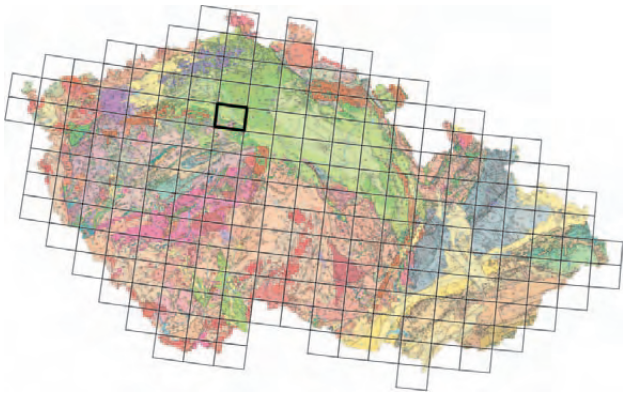
Mlčechvostský slepenec – datování a geochemie karbonátového tmelu slepence

Mlčechvosty conglomerate – dating and geochemistry of the conglomerate carbonate cement

KAREL ŽÁK [1] – HELENA HERCMAN [2] – IVO SVĚTLÍK [3]– ROMAN ŽIVOR [1] – IVANA JAČKOVÁ [4] – PŘEMYSL ZELENKA [4]– PAVEL BOSÁK [1, 5]

[1] *Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6; zak@gli.cas.cz, zivor@gli.cas.cz, bosak@gli.cas.cz*
[2] *Ústav geologických věd, Polská akademie věd, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, Polsko; hhercman@twarda.pan.pl*
[3] *Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i., Oddělení dozimetrie záření, Na Truhlářce 39/64, 180 86 Praha 8; svetlik@ujf.cas.cz*
[4] *Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1; ivana.jackova@geology.cz, premysl.zelenka@geology.cz*
[5] *Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenija*

(12-22 Mělník)



Key words: river terrace, Middle Pleistocene, conglomerate cement, radiocarbon dating, U-series dating

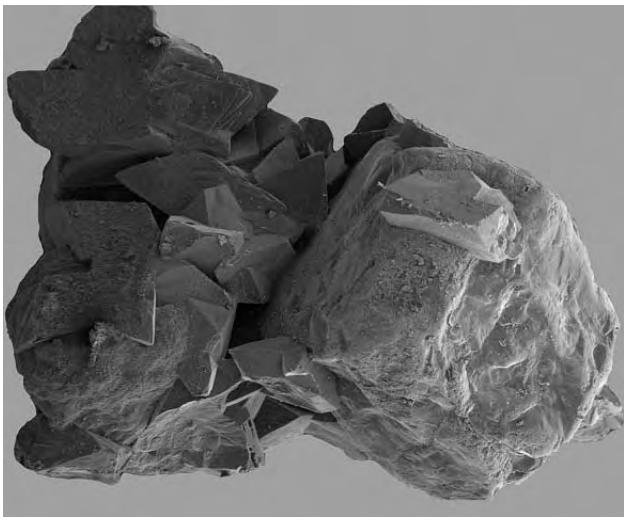
Abstract: The fact that the basal layer of Middle Pleistocene Vltava (Moldau) River terrace sediments near Mlčechvosty N of Prague, located about 13.0–14.6 m above present-day water level of the river, is cemented by a crystalline calcite into hard conglomerate, has been known since 19th century. Based on their position above the Vltava River, the age of the gravel and sand terrace deposits was traditionally estimated as Riss in the classical glacial scheme. C and O stable isotope compositions of the calcite cement ($\delta^{13}C = -6.16$ ‰; $\delta^{18}O = -7.76$ ‰ vs. V-PDB) are within the usual range of Quaternary secondary carbonates. The data indicate that the cement was not deposited by evaporation of groundwater. The results of ^{14}C dating show that the age of the calcite cement is behind the limit of this method, i.e. older than ca. 43 ka BP (if initial 50% amount of fossil carbon in the sample is supposed). The separated calcite cement was dated also by the $^{230}Th/^{234}U$ method. Even under high care to separate pure calcite cement, the samples showed low $^{230}Th/^{232}Th$ ratios, indicating thus significant sample contamination by detrital Th. Assuming the sample contamination only by Th and the B0 values (initial $^{230}Th/^{232}Th$ in the detritus) between 0.7 ± 0.3 and 1.7 ± 0.7, an age between 109 ± 8 ka and 100 ± 20 ka BP can be calculated. If these presumptions are invalid, the age of the samples can be in a more wide range. Nevertheless, all data (position of the terrace above the present-day river, the fact of dead-out ^{14}C, and the $^{230}Th/^{234}U$ dating) indicate that the calcite cement is not Holocene in age, but significantly older.

Poloha říčních štěrků a písků středopleistocenní říční terasy Vltavy u Mlčechvost, zpevněná karbonátovým tmelem do poměrně pevného slepence, byla známa již v druhé polovině 19. století (Zahálka 1893). Tato poměrně neobvyklá hornina, tradičně označovaná jako mlčechvostský slepenec, byla ve větším rozsahu obnažena při stavbě železniční trati Praha–Drážďany na levém břehu Vltavy mezi obcemi Vepřek a Mlčechvosty. Trať byla zprovozněna dne 6. dubna 1851. Slepenec v mocnosti přesahující místy 1,5 m zde vycházel původně v úseku dlouhém 280 m. Dnes přístupný výchoz v úseku dnešních traťových kilometrů 446,655–446,820 je 165 m dlouhý. Výchoz slepencové polohy zde pravděpodobně existoval již dříve, před stavbou železniční trati. Oproti nezpevněným říčním sedimentům i podložním křídovým slínovcům má mlčechvostský slepenec větší odolnost vůči zvětrávání a zřejmě dokonce ovlivňuje průběh nárazového břehu Vltavy v tomto úseku. Lokalitu později zmínil v několika pracích K. Žebera, který také popsal řadu dalších výskytů karbonátem tmelených terasových štěrků v okolí, vždy přibližně ve stejné pozici, tedy na bázi terasy označované jako riss 2 (též R2, viz Žebera 1958, str. 45 a 103; Žebera 1967, 1972, 1974). Slepenci přikládal stratigrafický význam a jeho vznik přičítal většímu množství srážek po uložení sedimentů terasy R2.

Geologii a stratigrafii klasické lokality u Mlčechvost se nově věnovali Tyráček a Zelenka (2008). Obnovený zájem o lokalitu způsobila hlavně stavba železničního koridoru před několika lety. Přeložením železniční tratě dále od Vltavy byly částečně odkryty nové výchozy slepence a původní traťový zářez se přestal užívat a udržovat. Tím se opět zpřístupnila i původní klasická lokalita popsaná Č. Zahálkou.

Nadmořské výšky bází teras byly v geologické praxi obvykle uváděny jen podle odečtů z map; důsledkem je, že udávané výšky značně kolísají. Zahálka (1893) určil výšku báze slepencové polohy u Mlčechvost na 177 m n. m. a výšku hladiny Vltavy na 161 m n. m. (ve výškovém systému Jadran). Báze terasy byla tedy podle něj v tomto místě 16 m nad hladinou Vltavy. Třeba ovšem poznamenat, že výška hladiny Vltavy se zde výrazně změnila stavbou vodního díla Vraňany–Hořín v letech 1902 až 1905. Dnešní jez Vraňany (jez v říčním km 11,65; výchoz slepence je v úseku říčních km 12,86–13,02) zvyšuje hladinu řeky až na provozní úroveň 164,1 m n. m. (výškový systém Bpv), tedy podstatně výše než v době studia Č. Zahálky.

Žebera (1967, str. 80) uvádí, že báze terasy R2 výškově v této oblasti kolísá v rámci několika metrů. Původní mocnost sedimentů terasy, dnes mnohde redukovanou odnosem, udává do 20 m. Žebera (1972, str. 22) uvádí, že báze štěrků R2 nasazuje na křídové podloží z. a jz. od Mlčechvost až v 200 m n. m. Tyráček a Zelenka (2008) uvádějí bázi sedimentů terasy ve výšce 165 m n. m. Vzhledem



Obr. 1. Charakteristický vzhled tmelu mlčechvostského slepence s dokonale omezenými krystaly kalcitu, který tmelí křemenná zrna. Křemenné zrno v pravé části snímku má průměr 1,3 mm. Snímek v sekundárních elektronech, Cameca SX 100, Z. Korbelová.

k těmto značně rozporným údajům nezbylo, než nadmořskou výšku báze polohy mlčechvostského slepence na klasické lokalitě skutečně zaměřit. Báze polohy mlčechvostského slepence a tedy báze sedimentů terasy v dnes odkrytém úseku je v rozmezí nadmořských výšek 176,94 až 177,30 m, povrch slepencové polohy je v úrovni 178,59 až 178,84 m n. m. (výškový systém Bpv, vztaženo k měřickým bodům ČD). Hladina Vltavy při nízkém stavu v době zaměření byla v 163,85 m n. m., běžná provozní úroveň hladiny jezu je v 164,10 m n. m. Báze polohy slepence je tedy zhruba 13 m nad dnešní hladinou Vltavy.

Tyráček a Zelenka (2008) shrnuli dosavadní názory na časové zařazení terasy, která byla v tradičním schématu řazena do glaciálu riss (v tradičním členění kvartéru), fáze riss2. Ve shodě s pracemi K. Žebery konstatovali, že zpevněné konglomeráty se vyskytují v této oblasti na mnoha místech. Na rozdíl od něj ale uvádějí, že nejsou vázány na jediný výškový horizont. Tvorba slepenců je podle Tyráčka a Zelenky (2008) vázána spíše na místní hydrogeologické podmínky než na určité časové úseky. S tím lze vcelku souhlasit, tvorba slepence mohla nastat za příhodných hydrogeologických a geochemických podmínek i v období značně časově vzdáleném od vzniku samotné terasy. Studiem středočeských tmelených svahových sutí bylo zjištěno, že většina karbonátového tmelu, vzhledově často podobného tmelu mlčechvostského slepence, odpovídá svým vznikem počátku holocénu (Žák et al. 2003). Jelikož lokalita je z hlediska paleontologického podle dosavadních znalostí sterilní, jediným způsobem, jak se dozvědět více o cementačním procesu a jeho časovém zařazení, je přímý geochemický a geochronologický výzkum tmelu slepence.

Popis lokality a tmelu slepence

Z hlediska časového je vznik mlčechvostského slepence zdola omezen vznikem samotné středopleistocenní vltavské terasy. Tato terasa označovaná tradičně číslem VI (riss 2 nebo označením R2; Žebera 1967, 1972, 1974) podle tradičního schématu odpovídá rissu (tedy sálskému glaciálu v současném severoevropském členění). Časově je počátek celého sálského glaciálu omezen zhruba 300 ka BP, počátek velmi chladného stupně Warthe zhruba údajem 200 až 180 ka BP. Z geologické pozice terasy tedy vyplývá, že tmel slepence musí být v dosahu datovací metody $^{230}Th/^{234}U$, která byla zvolena jako hlavní datovací metoda. Jako doplňující datovací metoda bylo zvoleno datování karbonátu pomocí radiouhlíku (^{14}C).

Litologii klastického materiálu báze terasových sedimentů, stejně jako litologii a časové zařazení podložních křídových slínovců bělohorského souvrství, popsali poměrně podrobně Tyráček a Zelenka (2008) a tyto údaje zde proto nebudou opakovány. Tmel je prakticky ve všech místech drobně krystalický, čirý, obvykle dotykový. Tyráček a Zelenka (2008) uvádějí místy v dutinách i nepravidelné sintrové povlaky, brčka a další typy karbonátů, upomínající na krasové procesy. Pro účely datování a geochemického výzkumu byly zvoleny partie s čirým krystalickým tmelem, který na lokalitě převažuje a podle terénního pozorování je relativně nejstarší (viz obr. 1).

Metodika

Blok slepence o hmotnosti 10 kg byl odebrán v traťovém kilometru 446,70 km. Po povrchovém očištění byl z bloku systémem postupného opatrného drcení, odstraňování valounů, sítování, opětovného drcení a odstraňování valounů a sítování postupně získán vzorek s převahou krystalického kalcitového tmelu a zhruba 40 % jemného křemenného písku. Vzorek byl potom rozdělen na čtyři nestejně velké části. Části vzorku označené A (hmotnost 1,4 g) a B (hmotnost 12 g) byly použity pro datování metodou $^{230}Th/^{234}U$. U části A byl pečlivým a velmi pracným ručním vybíráním pod binokulární lupou odstraněn všechen cizí klastický materiál, vzorek B byl ponechán s přítomností nekarbonátových klastů. Další část (označena C, hmotnost 130 g) byla bez dalších úprav použita pro stanovení aktivity ^{14}C v karbonátu. Hmotnostně nejmenší díl vzorku (označený D, ca 1 g) byl použit pro stanovení poměru stabilních izotopů uhlíku a kyslíku v karbonátu.

Pro stanovení aktivity ^{14}C v karbonátu byl v laboratořích Ústavu jaderné fyziky AV ČR evakuovaný vzorek rozkládán přídavkem 100% kyseliny fosforečné a uvolněný oxid uhličitý jímán do ampule chlazené kapalným dusíkem. Z připraveného CO_2 byl syntetizován benzen postupem syntézy karbidu lithného, hydrolýzy, čištění acetylenu a katalytické trimerizace (Gupta – Polach 1985). Vzorek syntetizovaného benzenu byl proměřován na nízkopozaďovém kapalinovém scintilačním spektrometru Quantulus 1220. Jako slepý (fosilní) vzorek byl použit komerčně dostupný benzen (fy Sigma-Aldrich, spectrofotometric grade). Pro kalibraci byla použita kyselina šťavelová NIST (NBS) HOX II SRM 4990-C (Schneider et al. 1995).

Pro separaci uranu a thoria z karbonátu byla v laboratořích Ústavu geologických věd Polské akademie věd ve

Varšavě použita standardní chemická procedura (Ivanovich a Harmon 1992). Vzorky byly rozpuštěny v 6 M HNO_3 a ke směsi byl pro kontrolu chemické efektivity separace přidán spike ^{228}Th–^{232}U. Po oxidaci případných organických látek pomocí H_2O_2 byly U a Th separovány koprecipitací s hydroxidy železa. Po odstranění železa extrakcí etherem byly U a Th separovány iontovou výměnou s užitím iontoměniče DOWEX 1×8 a deponovány na ocelové disky. Spektra alfa částic byla měřena spektrometrem OCTETE PC (výrobce EG&G ORTEC). Analýzy spekter a kalkulace byly provedeny softwarem URANOTHOR, verze 2.6 (Gorka – Hercman 2002). Udané chyby jsou 1σ.

Analýza poměru stabilních izotopů uhlíku a kyslíku karbonátu byla provedena v laboratořích České geologické služby po obvyklém rozkladu vzorku se 100% H_3PO_4 ve vakuu. Izotopové složení připraveného plynu CO_2 bylo měřeno pomocí hmotnostního spektrometru Finnigan MAT 251. Celková chyba stanovení hodnot $\delta^{13}C$ a $\delta^{18}O$ je ± 0,1 ‰.

Výsledky a diskuse

Vzorek je na ^{14}C prakticky vymřelý, zjištěná aktivita je pod 0,2 pMC, tedy nepřevyšuje nejistotu měření slepého vzorku. Vzorek je tedy buď starší, než je dosah radiouhlíkové metody (dosah je zhruba 50 tisíc let), nebo byl karbonátový tmel uložen vodami, které byly po dlouhou dobu odděleny od povrchového prostředí (nebo byly dotovány plynem CO_2 na ^{14}C vymřelým).

Při měření aktivit členů uranových řad se bohužel ukázalo, že signál od menšího (ale čistšího) vzorku A byl příliš malý, na hranicích možnosti měření, a nebylo ho možné vyhodnotit. Vzorek vykazoval příměs klastického thoria. Větší vzorek B (lab. kód W2082) byl také výrazně poznamenán kontaminací klastickým thoriem, takže zjištěný poměr $^{230}Th/^{232}Th$ byl nízký (8,6 ± 0,7). Pokud budeme předpokládat pouze příměs klastického thoria, lze tuto příměs, za zvoleného poměru B0 (tedy iniciálního poměru $^{230}Th/^{232}Th$) v této detritické kontaminaci, početně korigovat. Pro hodnoty B0 v rozmezí od 0,7 ± 0,3 do 1,7 ± 0,7 lze vyčíslit stáří v rozmezí 109 ± 8 až 100 ± 20 tisíc let. Pokud uvedené předpoklady neplatí, může být rozmezí stáří vzorku i větší.

Poměr stabilních izotopů uhlíku a kyslíku karbonátu (průměrná hodnota pro krystalickou formu tmelu, vzorek D z kusu o počáteční hmotnosti zhruba 10 kg) vyjádřený v obvyklých hodnotách činí pro uhlík $\delta^{13}C$ = –6,16 ‰ (V-PDB) a pro kyslík $\delta^{18}O$ = –7,76 ‰ (V-PDB). Tyto hodnoty nijak významně nevybočují z rozsahu údajů běžných pro krasové typy karbonátů nebo karbonáty ukládané z chladných vod během kvartéru. Lze tedy předpokládat, že tmel nebyl uložen z vod teplých, ale z běžných chladných podzemních vod mělkého oběhu, které – jak je to obvyklé – obsahovaly směs uhlíku pocházejícího z půdního CO_2 organického původu a z rozpouštění karbonátu v křídových slínovcích. Tvorba karbonátu za současného odparu vody vede k výraznému zvyšování jak hodnot $\delta^{13}C$, tak i $\delta^{18}O$ karbonátu, což zde nebylo pozorováno. Mechanismem vzniku tmelu tedy nebyl odpar vody (např. na vývěru podzemních vod ze sedimentů terasy na povrch nebo na povrchu terasových sedimentů), ale pomalý únik CO_2 z roztoku. S tím je v souladu jak krystalický vzhled tmelu, tak i popis Žebery (1967, str. 77), který uvádí výskyt slepence odpovídajícího slepenci mlčechvostskému i ve vrtu L17 na z. úpatí vrchu Dřínov, tedy daleko od hrany terasy a od řeky. Slepenec je tudíž vyvinutý na mnoha místech i mimo výchoz terasy a vznik tmelu s odparem vody nesouvisí.

Co se týče datování vzniku tmelu, tak je zřejmé, že karbonátový tmel nemůže být starší než sedimenty terasy. To, že je radiouhlík v rámci chyby měření vymřelý, i provedené datování metodou $^{230}Th/^{234}U$ současně indikují, že tmel nemůže být holocenního stáří.

Závěr

Tmel mlčechvostského slepence z klasické lokality byl datován pomocí ^{14}C a metodou $^{230}Th/^{234}U$. Ani jedna z metod neposkytla nezpochybnitelné jednoznačné stáří. Obě však vylučují vznik tmelu v holocénu. Jako nejpravděpodobnější se tedy jeví, že k cementaci sedimentu terasy došlo někdy v riss-würmském interglaciálu (eem, obvykle přijímané časové rozmezí ~127–116 tis. let BP), nebo počátkem posledního glaciálu. Izotopové složení uhlíku a kyslíku karbonátu je v rámci hodnot běžných pro sekundární kvartérní karbonáty ukládané z běžných chladných podzemních vod, bez uplatnění odparu vody v místě depozice.

Poděkování. Studium slepencové polohy je součástí prací probíhajících v rámci výzkumného záměru AV0Z30130516 Geologického ústavu AV ČR, v. v. i.

Literatura

GORKA, P. – HERCMAN, H. (2002): URANOTHOR v. 2.6. Delphi Code of calculation program and user guide. – MS Quater. Geol. Dep., Inst. Geol. Sci., PAS, Warszawa.

GUPTA, S. K. – POLACH, H. A. (1985): Radiocarbon dating practises at ANU. – MS Aust. Nat. Univ. Canberra.

IVANOVICH, M. – HARMON, R. S., Eds (1992): Uranium Series Disequilibrium: Applications to Earth, Marine and Environmental Sciences. – Clarendon Press. Oxford, 910 s.

SCHNEIDER, R. J. – MCNIHOL, A. P. – NADEAU, M. J. – REDEN, K. F. (1995): Measurements of the Oxalic Acid II/Oxalic Acid I Ratio as a Quality Control Parameter at NOSAMS. – Radiocarbon, 37, 693–696.

TYRÁČEK, J. – ZELENKA, P. (2008): Mlčechvostský slepenec – geologie a stratigrafie. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2007, 118–119.

ZAHÁLKA, Č. (1893): O slepenci mlčechvostském. – Věst. Král. Čes. Společ. nauk, Tř. mat.-přírodověd., 1892 (12), 167–169.

ŽÁK, K. – MIKŠÍKOVÁ, L. – HERCMAN, H. – MELKOVÁ, J. – KADLEC, J. (2003): Vznik holocenních suťových brekcií ve středočeské oblasti a jejich erozní postižení. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2002, 106–109.

ŽEBERA, K. (1958): Československo ve starší době kamenné. – Ústř. úst. geol. Praha. 214 s.

ŽEBERA, K. (1967): Kvartér Podřipska (část I). – Sbor. geol. Věd, Antropozoikum, 4, 71–96.

ŽEBERA, K. (1972): Kvartér Podřipska (část II). – Sbor. geol. Věd, Antropozoikum, 6, 7–34.

ŽEBERA, K. (1974): Kvartér Podřipska (část III). – Sbor. geol. Věd, Antropozoikum, 10, 23–40.