

PŘEDBĚŽNÉ VÝSLEDKY SEDIMENTOLOGICKÉHO STUDIA PŘEHRADNÍCH SEDIMENTŮ NÁDRŽÍ HORNÍ BEČVA (BESKYDY) A PASTVINY (ORLICKÉ HORY)

Preliminary results of a sedimentological investigation of the Horní Bečva and Pastviny water reservoir sediments (Beskydy and Orlické hory Mts.)

Miroslav Bubík, Michal Bíl

Český geologický ústav, Leitnerova 22, 658 69 Brno, e-mail: bubik@cgu.cz

(14-14 Žamberk, 25-23 Rožnov pod Radhoštěm)

Key words: *Moravia, reservoir sediments, holocene, limnology, sedimentology*

Abstract:

Bottom sediments of Horní Bečva and Pastviny reservoirs were studied during reservoir draining in year 2000. Three sedimentary facies were defined: 1. delta (mostly sand with intercalation of gravel and phytodetritus), 2. streamline affected sediments (alternation of silty muds, sands, silts and phytodetritus intercalations), 3. calm sediments (muds deposited from suspension). Special features of sedimentation in dam basins are discussed. As a useful stratigraphical tool the finds of artefacts were used for dating some sequences. The sedimentation rates for the muds deposited from suspension are estimated 13,9 to 14,4 mm/y for Horní Bečva and 8 to 9 mm/y for Pastviny reservoir. The sedimentation rates in other facies are difficult to estimate. The total sediment accumulation of flooding in 1997 and subsequent two years recognised in Horní Bečva reservoir through different facies can serve as sure approximation: 3 to 7 cm in the calm areas, 40 cm in the streamline and 90 cm in the delta. 25 to 81 cm of streamline sediments represent the same time interval in the Pastviny reservoir.

Úvod

Sedimentace v umělých vodních nádržích se stává předmětem zájmu vodohospodářů, geografů i environmentálních geologů v souvislosti s nežádoucím zaplňováním nádrží sedimenty, jejich toxicitou a odstraňováním. Výrazným impulsem v tomto směru byla "stoletá voda" v červenci 1997. Do mnoha nádrží byly naplaveny rekordně velké objemy sedimentů. Vypuštěním některých nádrží za účelem odtěžení sedimentů se naskytla jedinečná a neopakovatelná příležitost prostudovat a dokumentovat tyto sedimenty. Během jarních a letních měsíců 2000 byla několikrát navštívena nádrž Horní Bečva v údolí Rožnovské Bečvy a byla pořízena zevrubná fotodokumentace a sedimentologické popisy vybraných profilů. Na podzim proběhly zemní práce a v říjnu 2000 bylo prakticky hotovo odtěžení sedimentů a úprava profilů koryt na dně nádrže, takže v listopadu už byla nádrž napouštěna. V témž roce byla vypuštěna mnohem větší nádrž Pastviny v údolí Divoké Orlice u Klášterce nad Orlicí za účelem odtěžení rozsáhlé deltové akumulace v horní části nádrže. Dokumentace byla provedena v druhé polovině prosince, kdy odtěžování sedimentů v horní části nádrže bylo prakticky hotovo.

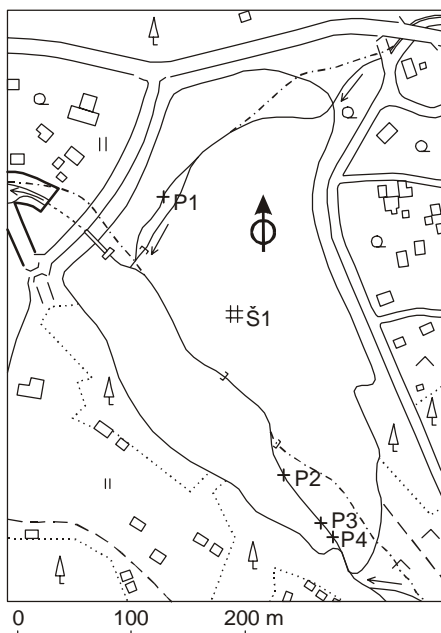
Oproti přírodním jezereům mají údolní nádrže určité zvláštnosti a odlišnosti. Zatímco v přírodních jezerech je hlavní silou řídící pohyb vod vítr (Nichols, 1998), v údolních nádržích je velmi důležité proudění při dně způsobené odtokem z nádrže. Proudění se koncentruje do proudnice, která většinou kopíruje původní průběh toku řeky (viz níže).

V přírodních jezerech se prakticky neuplatňují tidální procesy (Nichols, l. c.). V údolních nádržích s energetickým využitím nebo neplynulým odběrem vody dochází ke kolísání hladiny analogickému tidálnímu kolísání, ovšem jako efekt lidské činnosti. Charakteristickým znakem běžných eutrofních přírodních jezer je anoxie při dně. V údolních nádržích je však vlivem zmíněného proudění při dně anoxie nebo dysaerobie patrně omezena na vrstvu pod povrchem dna. Stejně jako v přírodních jezerech je patrně třeba předpokládat hustotní stratifikaci vody v údolních nádržích přinejmenším v některých obdobích roku.

O sedimentologii výplní našich údolních nádrží u nás prakticky chybí literatura. Lze zmínit dřívější krátkou zprávu s popisem neúplného profilu dnovými sedimenty Brněnské přehrady včetně výsledků studia jejich mikrobentosu (Bubík, 1995). Na základě pozorování v uvedených nádržích značně odlišných svými parametry lze sedimenty údolních nádrží zhruba rozdělit na:

1. sedimenty delty (překotně uložené písčité šterky a písky u vtoku do nádrže)
2. sedimenty proudnice (střídání diagonálně zvrstvených písků, laminovaných siltů, fytodetritu a prachovitých bahen)
3. sedimenty uložené ze suspenze (bahna/sapropely pánevního dna s ojedinělými polohami jemného fytodetritu).

Pro stratigrafii sedimentů, jejichž časový záznam činí jen poslední desítky let, většinou nelze využít paleontologické metody používané v kvartérní geologii. Vedle



Obr. 1 - Situace profilů (P1-P3) a šachtice (Š1) dokumentovaných na dně nádrže Horní Bečva během r. 2000. Plně vyznačena koryta Rožnovské Bečvy a jejího přítoku zařízlá do sedimentů, čerchovaně původní koryta převzatá ze starých topografických podkladů. Vyznačeny jsou kamenné splavy odkryté erozí sedimentů.

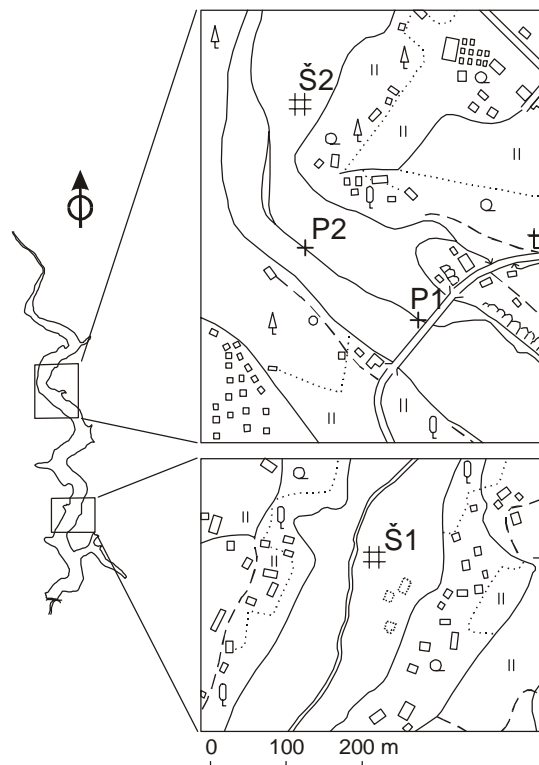
Fig. 1 - Situation of the sections (P1 - P3) and test pit (Š1) documented in drained Horní Bečva reservoir during year 2000. Newly eroded corridors of Rožnovská Bečva river and her tributary eroded in bottom sediments marked by full line, old river-beds from historical maps by dash line. Marked also old stone sluices cleaned by erosion.

datování pomocí vůdčích korelačních horizontů stanovených chemicky a radiologicky ("Černobylský event", první výskyt DDT) lze využít velmi levně a často i přesné datování pomocí artefaktů obsažených v sedimentech (obaly výrobků s vyznačenými daty výroby).

Níže jsou charakterizovány blíže jednotlivé nádrže a jejich sedimenty dle definované klasifikace.

Horní Bečva

Podle Vlčka a kol. (1984) má nádrž zemní sypanou hráz o výšce 17,9 m, napuštěna byla v r. 1944, vodní plocha měří 15 ha, maximální hloubka 17,9 m, účel: pro průmysl a ochrana před povodněmi. Pánev nádrže je relativně plochá s mírnými svahy na V a strmějšími na JZ. Za normálního provozu dochází k odtoku vody střední výpustí přibližně 4 m nad úroveň okolního dna. Během přívalových vod bývá voda vypouštěna spodní výpustí pod úroveň okolního dna (průměrně čtyřikrát ročně). Po vypuštění byly místy na povrchu dna pozorovány početné misky mlžů (*Anodonta*, *Pisidium*), takže je potřeba brát v úvahu bioturbaci bahen. Po vypuštění nádrže se Rožnovská Bečva se svým přítokem zařízly do přehradních sedimentů a většinou se dostaly do původních koryt se starými kamennými splavy a břehovými regulacemi. Tok Rožnovské



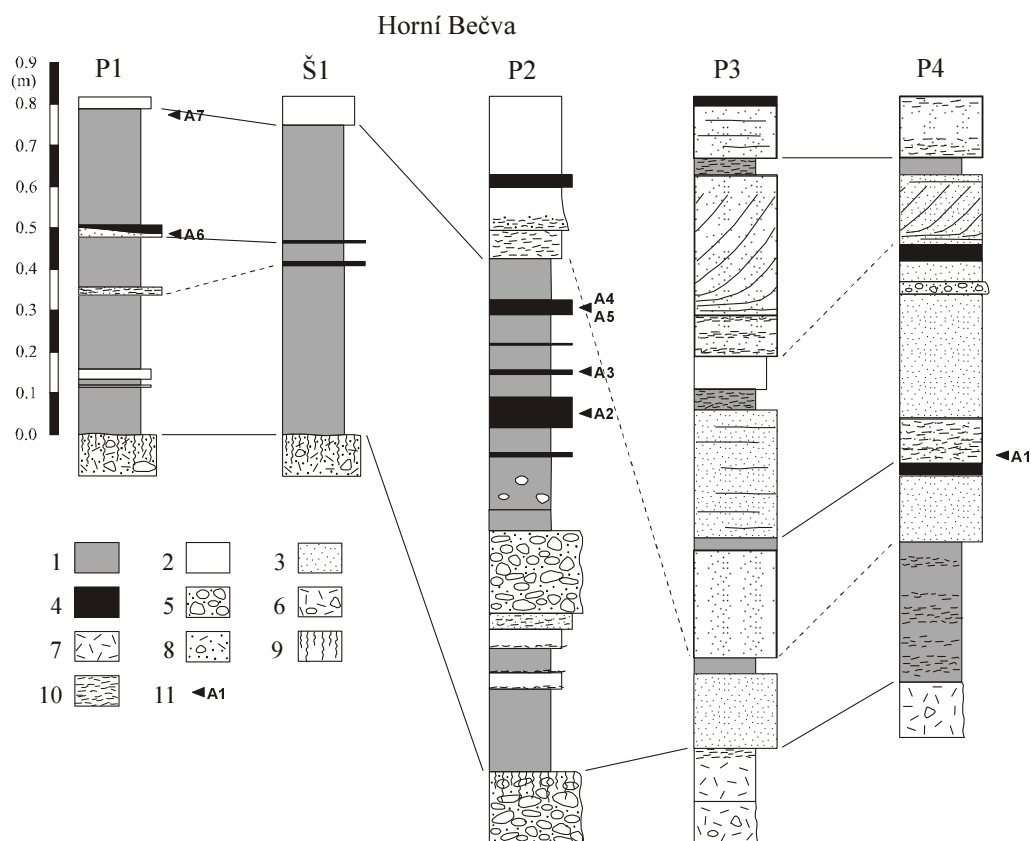
Obr. 2 - Situace profilů (P1, P1) a šachtice (Š-1, Š-2) dokumentovaných na dně vypuštěné nádrže Pastviny v prosinci 2000. Poblíž Š1 tečkovaně vyznačeny základy zaniklých domů na dně nádrže.

Fig. 2 - Situation of the sections (P1, P1) and test pits (Š-1, Š-2) documented in drained Pastviny reservoir in December 2000. Basements of abandoned houses near Š1 marked by spotted outline.

Bečvy vyklidil přehradní sedimenty až do úrovně říčních štěrků původního koryta. Během dokumentace v červenci 2000 byly na profilech P1, P2 a z šachtice Š1 odebrány průběžné sloupce sedimentů pro pozdější laboratorní zpracování. Jedná se o hranoly o profilu zhruba 13x13 cm vyřízly ze stěny zářezu či šachtice a vyzvednuté jako monolit (resp. několik monolitů podle mocnosti profilu).

Sedimenty delty. Delta menšího rozsahu se vytvořila u vtoku Rožnovské Bečvy do nádrže. Kompletní profil jejími uloženinami v okrajové části byl studován na profilech P3 a P4 (obr. 1 a 3). Deltovou akumulaci zde tvoří převážně písky s podřízenými vložkami prachovitých písků, bahen a fyto-detritu o celkové mocnosti 158 cm. Podloží tvoří rezavě šedé jíly a hlinitokamenité sedimenty s příměsí valounů (patrně deluvio-fluviální sedimenty). V zářezu asi 15 m od profilu P3 proti proudu byl v poloze prachovitého písku asi 90 cm pod povrchem nalezen artefakt č. 1 (obal gulášové polévky "Vitana" s vyznačeným datem minimální trvanlivosti 01.01.97). Ten datuje celou nadložní akumulaci do doby "stoleté vody" 1997 a následujících let 1998-99. Relativně značné mocnosti písků dvou následujících let byly patrně způsobeny rozplavováním tělesa delty výše proti proudu.

Sedimenty proudnice. V levobřežním zářezu Rožnovské Bečvy na dně nádrže asi 80 m pod jejím vtokem



Obr. 3 - Studované profily přehradními sedimenty v zářezích a šachtici na dně nádrže Horní Bečva. Legenda: 1 - bahno, 2 - silt, 3 - písek, 4 - fyto-detrit (větve, listí a jehlice stromů), 5 - písčitojílovitá zemina (deluvio-fluviální?), 6 - žlutohnědé hlinitokamenité sedimenty (deluvio-fluviální?), 7 - rezavě zbarvené jíly (deluvio-fluviální?), 8 - písčitojílovitá zemina (technická těsnicí vrstva), 9 - kořenový horizont, 10 - rozptýlený fyto-detrit (převážně listí a větvičky), 11 - nálezy artefaktů.

Fig. 3 - Studied sections in river cuts and test pit through bottom sediments of Horní Bečva reservoir. Explanations: 1 - mud, 2 - silt, 3 - sand, 4 - phytodetritus (tree branches, leaves and needles), 5 - sandy gravels, 6 - yellowish brown loam (deluvio-fluvial?), 7 - rusty colored clays (deluvio-fluvial?), 8 - sandy clays (technical clay seal bed), 9 - root horizon, 10 - phytodetritus dispersed in sediment, 11 - artefact finds.

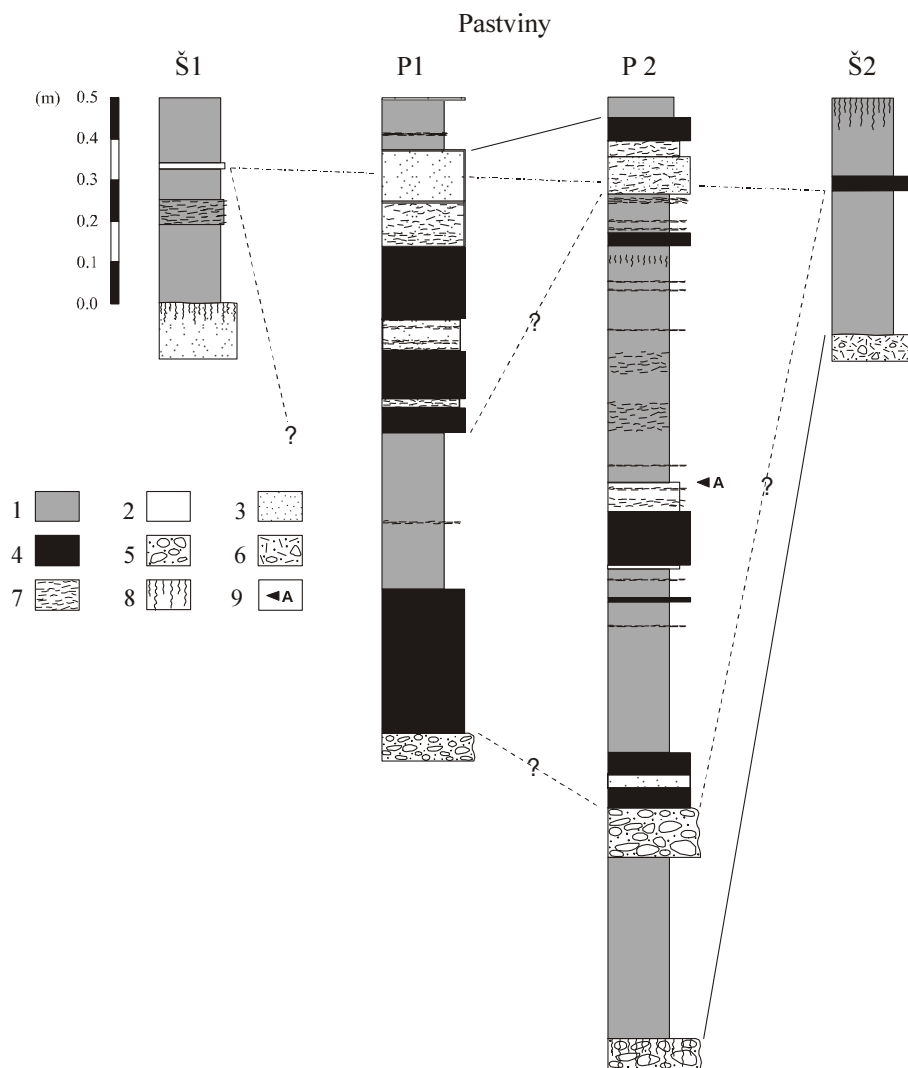
bylo dokumentováno souvrství tvořené střídáním šedých bahen, poloh fyto-detritu a siltů (profil P3, obr. 3). Podloží jsou zde fluviální štěrky s kořenovým horizontem na povrchu. V nižší části profilu se vkládá 20 cm poloha písčitých štěrků, které reprezentují fluviální sedimentaci progradující do nádrže patrně během dřívějšího vypuštění nádrže. V polohách fyto-detritu ve střední části souvrství byly nalezeny četnější artefakty: plastový obal „Banánová tyčinka“, staniolový obal „Oplatky v čokoládě“, plechovka bez potisku, tuba zubní pasty „Pořana Speciál“. Bohužel postrádaly označení data výroby, takže se dají předběžně zařadit do období 70. až 80. let. Horních 40 cm profilu tvoří silt s vložkou písku a fyto-detritu a patrně představují sedimenty "stoleté vody" 1997 a následujících dvou let.

Sedimenty uložené ze suspenze. Sedimenty klidných částí dna nádrže byly studovány v zářezu P3 pravostranného přítoku Bečvy a v kopané šachtici Š1 (obr. 1). V obou případech je podloží modrozelenošedá písčitojílovitá zemina s kořenovým horizontem na povrchu, která patrně představuje těsnicí vrstvu navezenou při budování nádrže. Profil šachtice je tvořen prakticky celý tmavě šedými bahny s dvěma tenkými laminami fyto-detritu (listí, jehličí). Pouze horních 7 centimetrů se odlišuje a jsou

to paralelně laminované hnědošedé siltu, které lze korelovat s povodňovými sedimenty v ostatních profilech. Celková mocnost zde činí 82 cm (z toho bahna 73,5 cm). Profil P1 představuje přechod mezi sedimentací v proudnici a ze suspenze, protože jeho sedimenty ovlivňoval přítok Bečvy. Převažují tmavošedá bahna s čtyřmi vložkami siltů, písků a fyto-detritu. Ve stropě je vyvinuta opět poloha laminovaného siltu (3 cm) - "povodňová vrstva". V poloze tmavě hnědošedého bahna 34 až 37 cm pod povrchem se lokálně zachovalo střídání světlých a tmavých lamin upomínajících na varvy. Mocnost tří zachovalých párů byla 6, 10 a 4 mm. Celková zjištěná mocnost sedimentů profilu byla 82 cm (z toho bahna 71 cm).

Pastviny

Podle Vlčka a kol. (1984) má nádrž tížní zděnou hráz vysokou 43 m, napuštěna byla v r. 1938, vodní plocha měří 110 ha, max. hloubka 29,75 m, účel: hydroenergetika (špičková vodní elektrárna) a ochrana před povodněmi. Za běžného provozu se odtok vody z nádrže vede dolní vypustí. Dno nádrže lze charakterizovat jako hluboce zařízle říční údolí místy lemované skalami. Po vypuštění byly



Obr. 4 - Studované profily přehradními sedimenty v zářezech a šachticích na dně nádrže Pastviny. Legenda: 1 - bahno, 2 - silt, 3 - písek, 4 - fyto-detrit (větve, listí a jehlice stromů), 5 - písčité štěrky, 6 - kamenitohlinitá zemina (deluvium?, navážka?), 7 - rozptýlený fyto-detrit (převážně listí a větvičky), 8 - kořenový horizont, 9 - nález artefaktu.

Fig. 4 - Studied sections in river cuts and test pits through bottom sediments of Pastviny reservoir. Explanations: 1 - mud, 2 - silt, 3 - sand, 4 - phytodetritus (tree branches, leaves and needles), 5 - sandy gravels, 6 - loam with stones (deluvium?, anthropogene?), 7 - phytodetritus dispersed in sediment, 8 - root horizon, 9 - artefact find (beer tin, 1992).

na svazích patrné četné drobné abrazní terasy a stupně ve značném výškovém rozsahu vytvořené zřejmě při kolísání hladiny během odběru vody elektrárnou. Původní říční niva je na dně zřetelně patrná. Po vypuštění se tok Divoké Orlice patrně na většině své trasy vrátil do starého řečiště a vyklidil přehradní sedimenty místy až na povrch říčních štěrků. Původní koryto je v některých úsecích vyznačeno pařezy někdejších břehových porostů. Během návštěvy dna nádrže byl odebrán z šachtice Š1 úplný sloupec sedimentů (hranol 13x13 cm) reprezentující sedimentaci ze suspenze pro pozdější analýzy.

Sedimenty delty. Důsledkem "stoleté vody" 1997 bylo vytvoření rozsáhlé deltové akumulace v horní části nádrže na přibližně 600 m dlouhém úseku (dobře patrné na leteckých snímcích). Během návštěvy lokality v prosinci 2000 však již byly sedimenty odtěženy, takže sedimentologický záznam je ztracen.

Sedimenty ovlivněné proudnicí. Ve střední části

nádrže poblíž mostu přes údolí byly studovány dva profily (P1 a 2) v zářezech koryta Orlice (obr. 4). Oba svědčí o rychlé a laterálně značně proměnlivé depozici se zhruba vyrovnaným nebo nižším poměrem hrubších sedimentů (písky, fyto-detrit) k bahnům. Fyto-detrit byl místy i značně hrubý (větve, šišky smrků i celé naplavené kmeny). Bahna jsou šedohnědá s četnými laminami fyto-detritu (převážně listy stromů) a polohami s jeho rozptýlenou příměsí. Ve vyšší části bahen byl pozorován nevýrazný kořenový horizont indikující vypuštění nádrže a zatravnění dna. Hojný fyto-detrit je obsažen i v laminovaných píscích a siltech. V nižší části profilu P2 se vkládá poloha písčitého štěrku - pravděpodobně normální fluvální sedimentace během dřívějšího vypuštění nádrže (neověřeno). Těsně nad hrubší polohou ve střední části profilu (viz obr. 4) byl nalezen artefakt: hliníková plechovka od piva "Dortmunder DAB" s datem doporučené spotřeby 11.92 a stopami dlouhého transportu (rýhy trhlíny). Tento artefakt datuje

horních 90 cm sedimentů do 90. let a to zřejmě pozdějších, vzhledem ke stopám jeho delšího transportu. 20,5 cm mocná poloha diagonálně a čeřinově zvrstvených písků, prachů a fyto-detritu v svrchní části profilu je nejspíše produktem "stoleté vody" 1997 a 5 cm bahna v nadloží pak reprezentuje sedimentaci následujících dvou let. Profil P1 vykazuje větší mocnosti jednotlivých poloh a patrně obsahuje hiáty, které působí nejistotu při korelaci.

Sedimenty uložené ze suspenze. Na plochých místech dna mimo proudnici sedimentovala homogenní šedohnědá prachovitá bahna, studovaná v šachticích Š1 a Š2 vzdálených od sebe asi 1,8 km podél osy nádrže (obr. 2 a 4). Podloží sedimentů v Š1 tvořily nivní (povodňové) hlinité písky, v Š2 kamenitohlinitá zemina (navážka?, deluvium?). Celková mocnost v Š1 činila 50 cm (z toho 48 cm bahno), v Š2 - 57,5 cm (z toho 54 cm bahno). Ve vyšší části profilu obou šachtic byla pozorována klastická vložka siltu resp. fyto-detritu. Za předpokladu plynulé sedimentace bez hiátů lze jejich stáří odhadovat v obou případech na zhruba -20 let, což by odpovídalo nějaké sedimentační události kolem roku 1980. Pak je ovšem těžko vysvětlitelná absence obdobné vložky odpovídající "stoleté vodě" 1997. V bahnech v Š1 a na povrchu poblíž byly nalezeny misky škeblí (*Anodonta*), takže je nutno uvažovat bioturbaci.

Závěr

Horní Bečva a Pastviny jsou nádrže velmi rozdílných parametrů z hlediska objemu zadržované vody, tvaru sedimentační pánve a využití. Sedimenty obou nádrží však mají podobné rysy a lze je rozdělit na sedimenty delty, sedimenty proudnice a sedimenty ze suspenze. Je zřejmé, že hlavní silou ovlivňující sedimentaci je proudění při dně

během odtoku spodní výpustí hráze.

Z praktického hlediska jsou zajímavé informace o rychlosti sedimentace, které vyplývají z uvedených pozorování. Rychlost sedimentace se značně liší v jednotlivých faciích. V nádrži Horní Bečva lze rychlost sedimentace ze suspenze (bahna) odhadovat na 13,9 až 14,4 mm/rok. Rychlost sedimentace v proudnici a v deltě je mnohonásobně vyšší, její stanovení vzhledem k erozím, značné laterální proměnlivosti a obtížím s datováním je ale prakticky nemožné. Určitým vodítkem však může být povodňový horizont 1997 sledovaný ve všech faciích nádrže a mocnost sedimentů nad ním, tedy přírůstek za období 1997-99. V okrajové části delty byla pozorována akumulace za tyto 3 roky asi 90 cm. V jiných částech delty byla jistě ještě mnohem mocnější. Stejnému období odpovídá akumulace 40 cm v proudnici a 3 až 7 cm v místech s klidnou sedimentací. V nádrži Pastviny v místech s klidnou sedimentací ze suspenze lze rychlost sedimentace prachovitých bahen odhadovat na 8 až 9 mm/rok. Sedimentace v proudnici podle datování svrchní části sedimentů nálezem artefaktu přesahuje 130 mm/rok (ale bude spíše až dvojnásobná). U sedimentace prachovitých bahen nad povodňovou vrstvou 1997 rychlost odpovídá 25 až 85 mm/rok.

Pro stratigrafii sedimentů obou nádrží byly úspěšně využity nálezy artefaktů. Z obou nádrží byly odebrány souvislé sloupce bahen reprezentující kompletní sedimentární záznam klidné sedimentace ze suspenze za 60 let u nádrže Pastviny a 51 let u Horní Bečvy. Tento materiál umožňuje aplikaci radiologických a geochemických metod pro identifikaci vůdčích horizontů ("Černobyl", "nástup DDT") a mikropaleontologie a palynologie pro získání informací o změnách prostředí.

Poděkování:

Autoři děkují Dr. J. Žaloudíkovi za zapůjčení leteckých snímků přehrady Pastviny a další cenné informace, hráznému nádrže Horní Bečva p. Bradovi za informace o provozu nádrže a úpravách dna. Dále patří dík T. Peckovi za pomoc při dokumentaci šachtic a profilů v nádrži H. Bečva. Terénní práce financoval Český geologický ústav v rámci výzkumného úkolu "Organická geochemie v životním prostředí".

Literatura:

- Bubík, M. (1995): Krytenky (Testacea: Rhizopoda) z recentních sedimentů Brněnské přehrady. - Zprávy geol. Výzk. v Roce 1994, 16 - 18. Praha.
- Nichols, G. (1998): Sedimentology and stratigraphy. - Blackwell Science, 355 pp., London.
- Vlček a kol. (1984): Zeměpisný lexikon ČSR. Vodní toky a nádrže. - Academia, 316 str., Praha.