

tvořící málo výraznou dunu (tzv. hrúdu) v nivě Moravy a to až na podložní fluviální písčité štěrky (kovaná sonda T1996). Ze starších geologických výzkumů je známa pozice, ale i průměrná mocnost navátých písků v nivě Moravy 1–6 m. Tyto písky, převážně vyvátké z podložních fluviálních písčitých štěrky, na ně přímo nasedají. Ukládání těchto eolických sedimentů probíhalo v pozdním glaciálu a jejich ukládání pokračovalo minimálně až do spodního holocénu. Toto stratigrafické zařazení dokládají mj. i archeologické výzkumy – nálezy mezolitické industrie jak na povrchu, tak i v hloubce 0,50–1,50 m (Klíma 1970). Zkoumané duny v údolní nivě byly osídlovány s různě dlouhými přestávkami od mezolitu do 12. stol. n. l.

Kromě základního kvartérného geologického výzkumu jsme se věnovali zejména sedimentologickému a sedimentárně-petrografickému studiu. Zaměřili jsme se na studium texturních znaků navátých písků, faciální analýzu a interpretaci zastiženého sledu z hlediska depozičního prostředí a procesů, které je ovlivňovaly. Současně jsme se věnovali granulometrickému výzkumu a analýze těžkých minerálů.

Ze sedimentologické interpretace vyplývá, že v hloubce 3,40–3,20 (3,10) m pod terénem jsou šedohnědé hrubé horizontálně vrstvenaté písčité štěrky, nejspíše sedimenty řečištních valů. V rozmezí 3,20–2,80 m p. t. jsou fluviální žlutohnědé, středně zrnitě píska a silty, horizontálně zvrstvené. Jedná se o tzv. overbank deposits, tj. přelivy z aktivního říčního koryta do přilehlé oblasti. Výše uvedené sedimenty tvoří v rámci studovaného sledu tzv. fluviální komplex.

Ve fluviálním souvrství, v metráži 2,80–2,25 m se střídají horizontálně zvrstvené jemně až středně zrnité píska s la-

minami velmi hrubozrnných písků a písků se štěrkem. Častou sedimentární texturou jsou drobné vtiskové odrázející rychlou sedimentaci na plastické (tj. zvodnělé) podloží. Jejich ukládání probíhalo převážně na okraji agradačního valu. Popsané souvrství lze označit jako fluviálně-eolické.

V hloubce 2,25–0,80 m převládají žlutohnědé, středně až jemně zrnitě vyvátké píska, s typickým šikmým zvrstvením. Jedná se nejspíše o sedimenty občasné aktívnych větších eolických akumulací – dun po jejichž povrchu migrovaly drobnější čerstviny. Texturních znaků odrázejících přítomnost čerstviny přibývá do nadloží. V rozmezí 0,80–0,30 m převáží hnědožluté, zpevněné, středně zrnité píska, postižené pedogenickými procesy (plástevný podzol). Popsaný komplex lze označit jako eolický.

Na povrchu je 30 cm mocná černohnědá, humózní, písčitá recentní půda.

Předběžné výsledky z rozboru těžkých minerálů doložily převahu pyroxenu nad amfibolem, limonitem a granátem.

Nově provedené výzkumy jen potvrdily naše starší závěry, že duny v údolní nivě vznikaly v návaznosti na fluviální písčitou a štěrkovitou sedimentaci. Eolické psamitické akumulace (duny) představují citlivý klimatický indikátor. Duny ve sledovaném prostředí odráží také vztah mezi klimatem a dostatkem vhodného materiálu k vyvátkám. Klima zde neznamená jen podmínky aridity, ale též úroveň hladiny spodní vody. Její kolísání mohlo výrazně ovlivňovat migraci dun. Z průměrné velikosti zrn navátého písku ve zkoumaném profilu vyplývá, že zde jde o hodnoty, blízké svrchní hranici zrn, pohybujících se snadno saltací. Zejména v hloubce 1,30–2,25 m vznikaly naváté píska za relativně silného větrného proudění. Na tyto poměry ukazují i některé sedimentární textury.

¹Český geologický ústav, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1

²Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno

Základní klasifikace svahových sedimentů

Classification of colluvial deposits

MILOŠ RŮŽÍČKA - ELIŠKA RŮŽÍČKOVÁ

Quaternary, Colluvial sediments, Classification

Ve většině sedimentologických učebnic a kompendiích jsou svahové sedimenty opomíjeny, nebo je jim věnována jen omezená pozornost. Malý zájem o svahové sedimenty je dán patrně jejich velmi malým výskytem ve starších geologických útvarech, i když byly spolu se zvětralinami hlavním zdrojem pro všechny klastické sedimenty transportované a uložené v jiných sedimentačních prostředích. Vzhledem k tomu, že jsou svahové sedimenty svázány úzce s morfologií, věnují se studiu procesů transportu a ukládání svahových sedimentů především geomorfologové. Svahovým procesům se věnují také inženýrství geologové, pro které je důležitý zejména mechanismus pohybu, jeho rychlosť a výsledná svahová deformace.



Pro svahové sedimenty je v naší praxi vžitý a v literatuře běžně používaný termín deluvianí sedimenty (deluvium), přestože by vhodnějším byl termín odvozený z anglického colluvium. Termín deluvium převzatý z ruština byl poprvé použit Pavlovem v roce 1890 pro sedimenty vzniklé z materiálu splachovaného ze svahů dešťovými a sněhovými vodami (Šancer 1982).

Definice svahových sedimentů

Obecně svahové sedimenty definujeme jako sedimenty, jejichž transport a uložení byly podmíněny gravitací; různou formou a měrou se spolupodstupují i další činitelé: voda tím,

že snížila soudržnost sypkých hmot na svahu, sníž tím, že umožnil snadnější sklouzávání částic po svém povrchu, led tím, že v periglaciálních podmínkách umožnil soliflukci nebo snížil tření a tím soudržnost. Pohyb po svahu mohl podporovat i vítr. Významný podíl měla i dešťová voda, která erovovala povrch nezpevněných sedimentů a materiál transportovaný v suspenzi i valením uložila.

Podle různého podílu a formy působení těchto vedlejších činitelů můžeme rozdělit deluviální sedimenty takto:

1. gravitační (transport pádem, valením, posouváním)
2. gravitační sesuvové (rychlý transport sesouváním za spoluúčasti vody)
3. gravitační plouživé (transport za spoluúčasti především kryogenních procesů)
4. gravitační proudové (rychlý transport ve viskózním stavu)
5. splachové.

Toto dělení víceméně odpovídá klasifikaci svahových pohybů, kterou navrhli Němcok et al. (1974). Je rovněž ve shodě s většinou publikovaných systémů (např. Fairbridge 1968, Abrahams 1986, Selby 1994).

Gravitační sedimenty

Do této skupiny patří sedimenty transportované převážně gravitací (řícením, saltací, posunováním, kutálením).

Řícením uvolněných bloků ze skalních stěn bez následného dalšího transportu po svahu vznikají akumulace, geomorfology označované jako **balvanistě**. Tyto akumulace obsahují klasty nejrůznějších velikostí (od velkých bloků až po písek) a tvaru, závisejícího na charakteru rozpadu hornin. Příkladem gravitačních uloženin z území ČR jsou výskyty ve skalních městech v české křídové páni.

Dochází-li k dalšímu transportu řícených hmot, děje se tak obvykle v podobě **gravitačních suchých proudů** (van Steijn et al. 1995). Pokud tento proud má takové rozměry a intenzitu, že dojde k rychlému přemístění velkých hmot na velkou vzdálenost, vzniká **kamenná lavina**, často vázaná na horské úžlabiny. V horských oblastech mohou při transportu spolupůsobit i sněhové laviny a v době jarních tání i tavné vody, za vhodných teplotních podmínek i namrzání povrchu bloků („frost coated grain flows“ – van Steijn et al. 1995), příkladem jsou např. proudy v úžlabinách Čertovy zahrádky a Čertovy rokle v Obřím dole v Krkonoších, které vyúsťují na dno Obřího dolu suťovými kužely.

Mezi nejtypičtější gravitační sedimenty patří ty, jejichž tělesa jsou v geomorfologické terminologii označována jako **suťová pole a droliny**, někdy též jako **allochtonní kamenná moře**, a dále sedimenty, tvořící **osypy a suťové kužele**. Tyto sedimenty bývají označovány souborně genetickým názvem sutě.

Gravitační sesuvové sedimenty

Jako sesouvání označují Nemčok et al. (1974) „...relativně rychlý krátkodobý klouzávý pohyb horninových hmot na svahu podél jedné nebo více průběžných smykových ploch“. Inženýrští geologové člení sesovy na řadu typů, lišících se mechanismem vzniku a výsledným tvarem.

Plošné a proudové sesovy často vznikají na smykové

ploše, kterou je rozhraní mezi podkladem a pokryvnými útvary (nejčastěji svahovými sedimenty). Tyto sesovy vznikají často po velkých deštích nebo při jarním tání, hmota sesuvu se někdy pohybuje částečně nasycená vodou.

Gravitační ploužené sedimenty

Transportním procesem těchto sedimentů je ploužení („creeping“) definované Nemčokem et al. (1974) jako „...pomalé tečení hmoty, ...dlouhodobý zpravidla nezrychlující se pohyb horninových hmot“. Na těchto pohybech se kromě gravitace podílí půdní led [zejména led jehlový – blíže viz Sekyra (1960)] a voda. Jedním z nejvýznamnějších typů pohybů, patřících do této skupiny, je plošná soliflukce. Obecně jsou jako soliflukční sedimenty u nás označovány takové, které byly transportovány po zmrzlém podloží po roztáhlé povrchové zóně v obdobích periglaciálního klimatu. Mechanismus soliflukčních pohybů popsal detailně Sekyra (1960). Podmínky vzniku soliflukce shrnul takto: sklon svahů 5–7°, dostatečná vlhkost zeminy, střídavé roztávání a mrznutí povrchových částí zmrzlé půdy, vhodné zrnitostní složení (písky, prachy, jíly).

Hlavní skupiny gravitačních ploužených sedimentů jsou: **bloková pole, ploužené sedimenty s.s., sedimenty plošné soliflukce, uloženiny horninových ledovců a pasivní morény**.

Bloková pole jsou bloky pevných hornin, sunoucí se po svahu na nesoudržném podloží (Nemčok et al. 1974). Mohou vznikat např. tam, kde lávový příkrov leží na plastických křídových sedimentech, nebo tehdy, když pevné pískovce sjíždějí po jílovitých vložkách.

Jako ploužené sedimenty s.s. označujeme uloženiny, u kterých byl nejvýznamnějším agentem pohybu půdní led. Střídavým mrznutím a tání se částice načechrávají, snižuje se tření a gravitace způsobuje jejich sklouzávání po svahu. Při tomto typu transportu mohlo docházet i k porušení podloží v podobě hákování vrstev. Tyto sedimenty patří mezi nejběžnější a plošně nejrozšířenější typ svahových sedimentů. Na rozdíl od gravitačních uloženin suťových polí, osypů a suťových kuželů mají štěrky této skupiny hlinitou či písčitou matrix, obsah štěrkové frakce může být i podřadný.

Sedimenty **plošné soliflukce** patří mezi plošně nejrozšířenější pleistocenní svahové uloženiny. Při jejich vzniku mohlo též docházet k hákování podložních hornin, ze kterých byly povrchové části odloučeny a posunuty po svahu. Sedimenty plošné soliflukce mohou mít nejrůznější složení podobně jako sedimenty soliflukčních proudů.

Dalším typem sedimentů, jejichž transport se děl povrchovým ploužením, jsou uloženiny tzv. **horninových ledovců**. Toto označení považujeme za vhodnější než doposud více používané termíny „skalní ledovec“, nebo „kamený ledovec“; je přesnějším překladem anglického „rock glacier“ nebo francouzského „glacier de roche“. J. Rubín et al. (1986) definují skalní ledovec jako „...nahromaděn kamenité zvětralinu a sutě na dně horských údolí v oblasti periglaciálního klimatu, pohybující se pozvolna vzhledem k velkému obsahu intersticiálního (meziprostorového) ledu a gravitaci ve směru sklonu svahu“.

Vznik horninových ledovců je vázán na periglaciální klima, zejména na nivační deprese a kary. Základní hmotou sedimentů horninového ledovce je led, stmelující horninové úlomky a umožňující pohyb. U fosilních sedimentů horninových ledovců je prostor, který zaujímal led, postupně vyplňován a nakonec téměř zanesen (Petránek 1953). Charakter horninového ledovce mohou mít i některé kamenné proudy. Czudek (1997) uvádí tuto možnost pro některé proudy na Moravě.

V karech se mohou vyskytovat sedimenty, tvořící akumulace v podobě srpovitých valů, tzv. **pasivní morény**. Vznikaly pod stagnujícími firnovými poli sklouzáváním napadaných bloků a kamenů po jejich povrchu. Diskuse k problematice geneze pasivních morén (anglický termín „*protalus rampart*“) je shrnuta v práci Ballantyne - Benn (1974).

Gravitační proudové sedimenty

Jako proudové sedimenty označujeme takové, které byly transportovány nasycené vodou ve viskózním stavu a měly převážně formu lineárního tělesa. Mechanismus procesů popsali Allen (1985), Selby (1994). K typickým proudům („*mud flow*“ a „*debris flow*“), vznikajícím nasycením zvětralin nebo sypkých sedimentů dešťovou vodou či tavními vodami, zařazujeme také fosilní soliflukční proudy, které vznikly pohybem rozmrzlých hmot po zmrzlé podloži v periglaciálním klimatu.

Příkladem typických kamenných proudů jsou **mury**, vznikající zejména v horských terénech po přívalových deštích nebo při jarním tání. Mury vznikají i recentně, mohou dosahovat až kilometrových délek. U nás jsou popisovány zejména z Krkonoše, vyskytují se také v Hrubém Jeseníku. Příkladem ničivého účinku je mura z roku 1897 v Obrřím dole.

Zvodnělé proudy se mohou podlet také na stavbě suťových kuželů, participují také při ukládání sedimentů výplavových kuželů.

Sedimenty **pískových proudů** mají svá specifika v tom, že se vyskytují i v méně dynamickém reliéfu. Tekoucí píska se pohybují po svazích s menšími sklony než proudy bahnotoků nebo kamenité proudy. Kromě toho, že se s recentními pískovými proudy setkáváme ve všech pískovnách, jsou známy i fosilní (Růžičková 1977).

Fosilní kvartérní proudy různého složení jsou většinou interpretovány tak, že hlavním procesem, který při jejich vzniku působil, byla soliflukce. Na rozdíl od plošné soliflukce jsou **soliflukční proudy** vázány na mělké terénní deprese, což má za následek, že rozmrzlá masa je více nasycená vodou a pohyb je značně usnadněn a tím i zrychlen. Soliflukční proudy mohou vznikat v periglaciálním klimatu všude tam, kde jsou vhodné geomorfologické podmínky. V proudech byl transportován materiál nejrůznějšího zemitostního složení – od blokových štěrků s minimálním obsahem mezihmoty, přes blokové, balvanové či kamenové štěrky s velkým podílem mezihmoty až po písčité a hlinité sedimenty, ve kterých psefitové klasty různého tvaru a velikosti plavou. Takovým případem je např. proud, který popsal Ambrož (1943) od Jevan, v němž balvany granitu plavou v hlíně sprašového původu. Výskyty soliflukčních

proudů z regionu Moravy a Slezska jsou shrnutý Czudkem (1977).

Splachové sedimenty

Jako splachové sedimenty se vžilo označovat sedimenty uložené stékajícími dešťovými vodami po povrchu terénu. Proces eroze, transportu a ukládání je také označován jako ron. Mechanismus těchto procesů je diskutován v práci Selby (1994). Dešťová voda, která se nevsákne, stéká po svahu nejdříve v ploše (plošný splach – „sheet wash“), níže po svahu ve stružkách (stružkový splach – „rill wash“), jejichž hloubka a šířka po svahu často narůstají. Stružky mohou vyústit až na úpatí svahu, kde dochází k ukládání v podobě malých spojujících se kuželů, nebo do mělkých depresí. Sedimenty plošných a stružkových splachů jsou často označovány jako sedimenty **ronové**. Ve splachových depresích probíhají – podle sklonových poměrů a v závislosti na kvantitě protékající vody – erozní popř. sedimentační procesy. Pro splachové sedimenty, vázané na mělké deprese a jejich vyústění do nivy se vžilo označení **deluviofluviální sedimenty**. Z rozsáhlé studie Prosové (1965) vyplývá, že sedimentace v depresích je vázána jen na jejich spodní část, popř. na jejich mísovitou sběrnou část horní. Obecně mocnost vlastních splachových sedimentů v současných splachových depresích nepřesahuje 2 m. Větší význam mají sedimenty výplavových kuželů při vyústění depresí do nivy potoka nebo řeky. To potvrzuje i pozorování recentních procesů (Havlíček - Růžička - Stránský 1990). Recentní ronové sedimenty jediné splachové epizody mohou mít mocnost až 20 cm. Jejich struktura odpovídá složení zdrojové oblasti (jejíž rozsah je úzce limitován) a také intenzitě srážek a sklonu svahu, které určují hloubku eroze a unášecí sílu. Většinou jsou prachovité a písčité (jíly jsou odolnější vůči erozi). Při bouřkových srážkách mohou být ve stružkách a v osách depresí erodovány sypké zeminy nebo slabě zpevněné sedimenty a krátkým transportem opracovány do oválných agregátů velikosti až štěrku. Zemitostně obdobné, ale v průměru hrubší jsou sedimenty, které tvoří výplavové kužele při vyústění do nivy. Při extrémních přívalech mohou mít agregáty nezpevněných hornin velikost až přes 10 cm.

S fosilními splachovými sedimenty se setkáváme především ve sprašových komplexech. Jejich specifickým typem jsou tzv. hlínopisky, popsáne Kuklou (1961, Kukla - Ložek 1961), tvořené agregáty velikosti pískové frakce, které vznikly převážně plošným splachem nejčastěji půdních horizontů. Představují významné horizonty, které jsou časté především na bázích nového sedimentačního cyklu a reprezentují přechodní klimatické fáze z teplých do chladných (méně již z chladných do teplých) období. Vyskytují se obvykle v nadloží fosilních půd ale též i bez přímé vazby na fosilní půdy.

Pleistocenní splachové sedimenty nemají zásadní význam z hlediska plošného rozšíření či mocnosti. Jsou však důležitým znakem klimatických podmínek a jako takové jsou velmi významné při studiu a interpretaci profilů kvartérních sedimentů. Holocenní a recentní splachové sedimenty jsou pak důležitým fenoménem při kvartérním mapování.

Práce byla součástí řešení projektu GAČR 205/95/0841.

Literatura

- Abrahams, A. D. (ed.) (1986): Hillslope processes. – Allen and Unwin. Boston.
- Allen, J. R. L. (1985): Principles of physical sedimentology. – Allen and Unwin. London.
- Ambrož, V. (1943): Periglaciální zjevy u Jevan. – Zpr. Geol. Úst. Čechy Mor. za Rok 1942, 18, 5, 219–230. Praha.
- Ballantyne, C. K. - Benn, D. I. (1995): Glaciological constraints on protalus rampart development. – Permafrost and Periglacial Processes, 6, 145–153. J. Wiley & Sons. New York.
- Czudek, T. (1997): Reliéf Moravy a Slezska v kvarteru. Sursum. Tišnov.
- Fairbridge, R. W. (1968): Colluvium. In: R. W. Fairbridge (ed.): Encyclopedia of geomorphology. Reinhold. New York.
- Havlíček, P. - Růžička, M. - Stránsk, Z. (1990): Geologicko-ekologické posouzení katastrofální události ve Vážanech nad Litavou. – MS Čes. geol. úst. Praha.
- Kukla, J. (1961): Quaternary sedimentary cycle – Survey of Czechoslovak Quaternary. – Czwartorz, Eur. Środ. I wschod., 1, 369–372. Warszawa.
- Kukla, J. - Ložek, V. (1961): Loesses and related deposits. – Czwartorz. Eur. Środ. I wschod., 1, 11–28. Warszawa.
- Nemčok, A. - Pašek, J. - Rybář, J. (1974): Dělení svahových pohybů. – Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. inž. Geol., 11, 77–92. Praha.
- Prosová, M. (1965): Wash depressions and sediments of the Bohemian Massif. – Sbor. geol. Věd, Antropozoikum, 3, 57–86. Praha.
- Roth, Z. (1944): Skalní proudy, ledovcové kary a ledovce. – Rozpr. Čes. Akad. Věd Umění, Tř. II., 54. Praha.
- Rubín, J. et al. (1986): Atlas skalních, zemních a půdních tvarů. – Academia. Praha.
- Růžičková, E. - Smolíková, L. (1977): Section through the Pleistocene sediments in Ústí n. Labem. – Sbor. geol. Věd, Antropozoikum, 22, 57–91. Praha.
- Sekyra, J. (1960): Působení mrazu na půdu. Kryopedologie se zvláštním zřetelem k ČSR. – Geotechnika 27, 1–164. Praha.
- Selby, M. J. (1994): Hillslope sediment transport and deposition. In: K. Pye (ed.): Sediment transport and depositional processes, 61–87. Blackwell Scient. Publ. Oxford.
- Šancer, E. V. et al. (1982): Stratigrafija SSSR. Četvertičnaja sistema. – Nedra. Moskva.

*Český geologický ústav, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1
Geologický ústav Akademie věd ČR, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6*

Strukturní a texturní znaky svahových sedimentů

Textural and structural characteristics of colluvial sediments

Eliška Růžičková - Miloš Růžička



Quaternary, Colluvial sediments, Texture, Structure

Svahové sedimenty členíme do pěti skupin podle způsobu transportu, přítomnosti a podílu transportního media (viz Růžička - Růžičková, tento svazek) na **gravitační, gravitační sesuvové, gravitační ploužené, gravitační prouduvé a splachové**.

Jednotlivé skupiny jsou charakterizovány strukturními a texturními znaky, které informují o způsobu a délce transportu materiálu a jeho ukládání, o zdrojové oblasti, ale též o klimatických podmírkách, které jsou příčinou změných procesů.

Gravitační sedimenty

Charakteristické strukturní znaky:

- zrnitost a tvar klastů závisí na rozpadu zdrojových hornin
- klasty jsou ostrohranné
- složení klastů je obvykle uniformní (dané malou zdrojovou oblastí).

Charakteristické texturní znaky:

- chaotické uspořádání klastů; pokud se spolupodslí např. transport sněhovou lavinou, mohou být protažené bloky uloženy delší osou rovnoběžně se spádnici, ploché bloky jsou obvykle uloženy podle sklonu svahu
- chybí písčitá či hlinitá matrix – openwork textura

- na okrajích těles nahromadění největších klastů (třídění gravitací)
- pro sklon svahu, na kterém dochází ke gravitačnímu pohybu, je uváděna limitní hodnota 35°, některými autory 40°.

Gravitační sesuvové sedimenty

Charakteristické strukturní znaky:

- směs bloků hornin různé velikosti
- složení bloků je vázáno na blízkou zdrojovou oblast sesuvu; zdrojem mohly být horniny zpevněné i nezpevněné.

Charakteristické texturní znaky:

- ploché či protažené bloky mohou být orientovány i příčně ke směru pohybu (sklonu svahu), popř. mohou být i vztýčeny
- petrograficky rozdílné partie mohou být vzájemně propojené a to i v mikroskopickém měřítku
- bloky jsou promíšaný zcela chaoticky.

Gravitační ploužené sedimenty

Struktury a textury ploužených sedimentů se liší podle stupně uplatnění vody při pohybu. S přibývající funkcí