

# ZVĚTRALINY A SVAHOVÉ POHYBY

## 1. Úvod

- *zvětrávání* = termín zastřešující všechny procesy vedoucí k fyzikálnímu rozpadu a chemickému rozkladu hornin nacházejících se v blízkosti zemského povrchu.
- zvětrávání probíhá fyzikální, chemickou a biologickou cestou
- *svahové pohyby* = pohyb půdy, zvětralin, nebo skalního podloží dolů po svahu účinky gravitace.

## 2. Svahy a zvětraliny

- *svah* = část zemského povrchu ukloněná vůči horizontální; svahy se vymezují od sklonu 2°, plochy o sklonu 0 – 2° se klasifikují jako *plošiny*
- většina svahů je pokrytá vrstvou zvětralin – tzv. *zvětralinovou kůrou* či *zvětralinovým pláštěm (regolithem)*  
*regolith* = svrchní vrstva zemské kůry o mocnosti několik dm až desítek m která se zčásti odlišuje svým složením od podložních vrstev – rozdíly jsou způsobeny přeměnou hornin působením různých zvětrávacích procesů
- v podloží regolithu se nachází nezávětralá hornina označovaná jako *skalní podloží*; skalní horniny vystupují z regolithu v podobě *skalních výchozů*

Strahler&strahler obr.13.1 s. 339

- *svahovina (deluvium)* = sypký materiál kryjící svahy, který se pomale pohybuje po svahu směrem dolů
- *aluvium* = uloženina přemísťovaná vodními toky po údolním dně
- *reziduální regolith* – zvětralina na svahu přemísťovaná pouze gravitací, *transportovaný regolith* – zvětralina přemísťovaná transportním médiem (voda, vítr, led)
- horniny se na zemském povrchu přizpůsobují změněným termodynamickým podmínkám zvětšováním objemu a odevzdáváním tepla

## 3. Fyzikální zvětrávání

- *fyzikální zvětrávání* (mechanické zvětrávání) = pochod při kterém se původně masivní hornina drobí na různé velké úlomky, ale nemění se její chemické složení
- procesy fyzikálního zvětrávání buď
  - zahrnují objemové změny samotné horniny (*exfoliace, insolační zvětrávání*)
  - zahrnují objemové změny vyvolané vniknutím cizorodé látky (voda, soli) do pórů a trhlin v hornině (*mrazové zvětrávání, solné zvětrávání, tlakové působení kořenů*)
- zvětrávání do bloků, zvětrávání na minerální zrna

Strahler&strahler obr.13.2 s. 340

### 3.1 Exfoliace

- *exfoliace* = odlupování slupek či desek horniny podél puklin; pukliny vznikají jako důsledek rozpínání při odlehčení horninového tělesa; cibulovitá stavba horniny
- *exfoliační klenba*

Strahler&strahler obr.13.10 s. 344

### 3.2 Insolační zvětrávání

- *insolační zvětrávání* = pochod při kterém vznikají v hornině trhliny v důsledku objemových změn vyvolaných kolísáním teploty

- v hornině vznikají napětí vyvolaná:
  - silnějším ohřevem povrchu horniny vzhledem k jejím hlubším částem
  - rozdílným *koeficient tepelné roztažnosti* různých horninotvorných minerálů
  - rozdílným roztahováním a smršťováním minerálů ve směru různých krystalových os
- intenzivní insolační zvětrávání v pouštích – denní výkyvy teploty o amplitudě až 50° C

### 3.3 Mrazové zvětrávání

- *mrazové zvětrávání* = pochod při kterém dochází k tříštění horniny tlakem způsobeným růstem ledu (ledových krystalů) v pórech a puklinách
- voda při zmrznutí zvětší objem o 9 %
- faktory intenzity mrazového zvětrávání jsou: a. obsah vody, b. rychlost zmrznutí vody
- intenzivní mrazové zvětrávání probíhá ve vysokých zeměpisných šířkách a ve vysokých horách, kde dochází k častému překročení bodu mrazu
- *kamenné moře* = nahromadění větších úlomků hornin na temenech vyvýšenin nebo mírných svazích

Strahler&Strahler obr.13.3 s. 341

- *osyp* = úpatní akumulace horninových úlomků vyvětrávajících ze skalních stěn
- *suťový kužel* = kuželovitá akumulace horninových úlomků při ústí erozního zářezu

Strahler&Strahler obr.13.4 s. 341

- *mrazové vzdouvání* = nadzvedávání povrchu terénu růstem ledu ve zvětralinách
- *jehlový led*
- *kamenné polygony* = prstence větších úlomků vznikající vytříděním materiálu mrazovým vzdouváním

Strahler&Strahler obr.13.6 s. 342

- *mrazové klíny* = vznikají v jemnozrnných sedimentech většinou v aluviálních a deltových uloženinách vyplňování kontrakčních trhlin ledem

Strahler&Strahler obr.13.7 s. 343

### 3.4 Solné zvětrávání

- *solné zvětrávání* = pochod vedoucí k rozpadu horniny tlakem vznikajícím při vysrážení a růstu krystalků solí v pórech a trhlinách horniny
- solné zvětrávání je rozšířeno zejména v aridních a semi-aridních
- při solném zvětrávání se uplatňují např. sádrovec, mirabilit, uhličitán vápenatý, halit
- zdroje soli: vítr přináší krystalky solí od moře; soli se tvoří se jako produkty chemického zvětrávání; odnos větrem ze solných kůr na dně periodických jezer aridních oblastí
- *úpatní výklenky, skalní brány, dutiny* v pískovcích

Strahler&Strahler obr.13.8 s. 343

### 3.5 Mechanické působení kořenů rostlin

## 4. Tvary vzniklé chemickým zvětráváním

- předpoklady chemického zvětrávání:
  - nerosty se tvořili za odlišných termodynamických podmínek než jaké panují na zemském povrchu → snaha zvětšit objem, nakypřit krystalovou mřížku
  - nerosty se dostávají do styku s různými sloučeninami

- chemické zvětrávání probíhá několika způsoby:
  - rozpouštění (hydratace)
  - hydrolýza
  - oxidace
  - působení kyselin

#### 4.1 Hydratace

- faktory podmiňující rozpouštěcí schopnost vody: a. čas působení, b. teplota, c. obsah agresivních příměsí
- rozpustnost různých minerálů: nejrozpuštěnější jsou chloridy (např. NaCl – halit) a sírany (např.  $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  - sádrovec), méně jsou rozpustné karbonáty ( $\text{CaCO}_3$  – vápenec,  $\text{MgCO}_3$  – dolomit), nejméně jsou rozpustné silikáty, takřka nerozpustný je křemen a muskovit
- *hydratace* = dipóly vody jsou přitahovány některým svým koncem k elektricky nabitému iontu na povrchu krystalu a vytváří kolem něj hydratační obal → dochází k narušování krystalové mřížky

#### 4.2 Oxidace

- *oxidace* = do trhlin v krystalu vniká kyslík, který se váže na ionty krystalové mřížky
- rychle oxidovány jsou zejména na dvojmocné ionty Fe a Mn (minerály biotit, augit, amfibol, ...)
- při oxidaci dochází k uvolňování tepla a dalšímu nakypřování krystalové mřížky
- oxidačně-hydratační přeměna Fe primárních minerálů vede ke vzniku nových nerostů s hnědou barvou (např. goetit, limonit) – hnědá barva je indikátorem pokročilosti zvětrávání

#### 4.3 Hydrolýza

- *hydrolýza* = rozklad minerálů vlivem iontů  $\text{H}^+$  a  $\text{OH}^-$
- dalším zdrojem vodíkových iontů je disociace kyseliny uhličitě ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) na  $\text{H}^+$  a  $\text{HCO}_3^-$
- vodíkové ionty vytlačují z krystalové mřížky jiné prvky; nejnáze jsou vytlačovány ze silikátů kationty Na, K, Ca, Fe a Mn

#### 4.4 Působení kyselin

- z anorganických kyselin se uplatňuje zejména kyselina uhličitá ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), která se vytváří rozpouštěním  $\text{CO}_2$  ve vodě
- k působení  $\text{H}_2\text{CO}_3$  jsou náchylné zejména vápence, dolomity a mramory → výsledkem je vznik *krasových jevů (tvarů)*
- *škrapy* = systémy žlábků a hřbítků, které vznikají rozpouštěním na obnažených vápencových površích

Strahler&Strahler obr.13.12 s. 346

- chemické zvětrávání je zesilováno působením člověka (emise S a  $\text{NO}_x$ , kyselá dešť)

Strahler&Strahler obr.13.13 s. 346

- charakter zvětrávání a mocnost regolithu závisí na několika faktorech:
  - organická aktivita ve zvětralinách a půdách
  - klima
  - stupeň nasycení roztoku
  - minerální složení hornin vystavených zvětrávání

- reliéf
- čas
- mocnost půdy a regolithu:
  - půda: zpravidla ne více než 1 – 2 m
  - regolith: zasahuje do hloubek 5 – 100 m  
v našich podmínkách hloubka regolithu řádově v dm, maximálně několik m; vlhké tropy až desítky m

## **5. Svahové pohyby**

- transport zvětralin se děje:
  - gravitací
  - transportním médiem (voda, vítr, ledovec)
- kritéria třídění svahových pohybů:
  - rychlost pohybu
  - charakter pohybu
  - druh přemísťovaného materiálu
- hlavní formy svahových pohybů:
  - ploužení
  - tečení
  - sesouvání
  - řícení

### **5.1 Ploužení (creep)**

- *ploužení* = velmi pomalý pohyb hornin, zvětralin nebo půd po svahu dolů
- projevy ploužení: posuny úlomků po svahu dolů, hákování vrstev, opilé stromy, narušování statiky staveb  
*Strahler&Strahler obr. 13.16 s. 348*  
*Strahler&Strahler obr. 13.17 s. 348*
- creep je vyvolán řadou jevů ve zvětralinách: střídavé zamokřování a vysušování, růst jehlového ledu, zahřívání a ochlazování, působení živočichů, zemětřesné pohyby, ... → tyto jevy způsobují tzv. *vzdouvání*
- *půdní creep, suťový creep, mrazový creep*
- rychlost creepu závisí na několika faktorech:
  - sklon svahu
  - obsah jílových minerálů
  - zrnitost svahoviny

### **5.2 Tečení**

- *tečení* = svahový pohyb při které dochází ke stékání materiálu po svahu, nejčastěji v podobě proudu, v důsledku nasycení svahovin vodou; při tečení dochází k turbulentnímu proudění částic; zpravidla se jedná o rychlý pohyb
- klasifikace tečení podle materiálu který postihuje:
  - laviny
  - blokovno-bahenní proudy
  - zemní proudy
  - bahnotoky
- *soliflukce* = nejpomalejší typ tečení; jedná se o velmi pomalý pohyb vodou nasycených svahovin, který postihuje i velmi mírné svahy (o sklonu kolem 1°); aktivní zejména v chladných oblastech s výskytem permafrostu (trvale zmrzlá půda)

Strahler&Strahler obr.13.19 s. 349

- tečení má nejen transportní, ale i erozní účinky

### 5.3 Sesouvání

- *sesouvání* = pohyb svahových hmot podél smykové plochy; částice se pohybují v bloku jako jeden celek
- *sesuv*
- sesuvy se dělí podle tvaru smykové plochy na: a. laterální (rovná smyková plocha), b. rotační (konkávně prohnutá smyková plocha)
- morfologie sesuvu: *smyková plocha, odlučná hrana, sesuvná akumulace, čelo*; odlučná, transportní a akumulační část

Strahler&Strahler obr.13.18 s. 349

- mělké sesuvy postihují pouze svahoviny (hloubka 2 – 3 m), hluboké sesuvy postihují i skalní podloží

### 5.4 Řícení

- *řícení* = svahový pohyb při kterém dochází k volnému pádu úlomku horniny bez kontaktu s terénem
- nejvíce se odehrává na skalních stěnách vysokých horských svahů (tzv. *skalní řícení*)
- *suťová lavina* = podobá se blokovo-bahennímu proudu, ale není saturovaná vodou
- *odsedání* = říťivý pohyb zahrnující rotační složku; postihuje skalní stěny porušené vertikálními puklinami nebo svislé říční břehy podemílané boční erozí

## **6. Antropogenně podmíněné svahové pohyby**

- svahové pohyby mohou být urychleny nebo vyvolány působením člověka
- *antropogenní transformace reliéfu* (ATR) = působení člověka na reliéf zahrnující vznik nových tvarů nebo ovlivnění geomorfologických procesů
- rozlišujeme tři základní způsoby jak vznikají:
  - záměrné vytváření nových tvarů reliéfu technickými prostředky – *přímé ATR*
  - neplánované vytváření nových povrchových tvarů – *vyvolané nepřímé ATR*
  - přímé nebo nepřímé ovlivňování přirozených geomorfologických procesů – *modifikační nepřímé ATR*

### 6.1 Indukované svahové pohyby

- *indukované svahové pohyby* = svahové pohyby podmíněné činností člověka; zejména se jedná o sesuvy a různé typy proudění

### 6.2 Technogenní přemísťování horninového materiálu

- nejmarkantnějším projevem přemísťování hornin je povrchová těžba nerostných surovin → vznikají různé přímé ATR: povrchové uhelné doly, jámové a stěnové lomy, hliníky, pískovny, šterkovny
- po ukončení těžby se provádí *rekultivace* (též *renaturalizace, revitalizace*), jejímž cílem je těžbou narušenou krajinu alespoň částečně uvést do původního stavu