

Vplyv geodynamických javov na krajinu a využitie územia

M. Hrašna: Impact of Geodynamic Phenomena on the Landscape and Land-use. Život. Prostr., Vol. 39, No. 5, p. 260 – 268, 2005.

Geodynamic phenomena, which endanger the landscape and land-use are called geohazards. Territories, in which they occur, require a special maintenance and/or usage. Geodynamic phenomena, which form the distinctive face of the landscape, require these as well. Such are e.g. some karstic phenomena, which make it possible to use a territory for tourism, educational and curative purposes (karst pits, canyons, caves, cliff relief, etc.), some types of block fields with depressions without outlet and with infrequent flora, etc.

The typical geohazards for Slovak territory are movements of surface, seismic and karstic phenomena, slope movements, erosion and accumulation and structure and volume changes of soils. They deteriorate or even destroy agricultural and forest soils, buildings and routes, contaminate underground and surface water, induce origin of waterlogged territories and lakes and changes of hydrologic and hydrogeologic, as well as ecological conditions.

It is necessary to delimit parts of the geoenvironment susceptible to geodynamic phenomena, or damaged by them in the landscape planning documentation and to suggest suitable procedure for remedy, as well as such ways of land-use, which will not induce or activate them.

Geodynamické javy sa definujú ako geologické procesy i výsledné zmeny štruktúry a reliéfu horninového prostredia, ktoré týmito procesmi vznikajú. Tie, ktoré ohrozujú krajinné prostredie a využívanie územia, sa označujú ako geohazardy (tab.1). V zmysle pripravovaného zákona o krajinnom plánovaní treba územia s osobitným režimom starostlivosti, resp. za krajinné typy ohrozované prírodnými činiteľmi a krajinné typy poškodené alebo ohrozené z environmentálneho hľadiska. Osobitný režim starostlivosti vyžadujú aj geodynamické javy vytvárajúce krajinné typy s charakteristickými znakmi krajinného rázu (niektoré blokové polia, krasové javy a pod.). Z geohazardov sa na území Slovenska vyskytujú pohyby povrchu, seizmické a krasové javy, svahové pohyby, eróznno-akumulačné javy, zmeny štruktúry a objemu zemín.

Pohyby povrchu územia

Pohyby povrchu územia môže spôsobiť tektonická aktivita alebo deštrukcia horninového prostredia nad

banskými dielami a skrasovatenými horninovými masívmi. Môžu mať priame nepriaznivé dôsledky na stavby i krajinné prostredie, alebo nepriame, prostredníctvom aktivizácie iných geodynamických javov.

• **Tektonická aktivita** môže vyvolať pohyby väčších geologických štruktúr a pohyby pozdĺž zlomov. Na území SR sa dlhodobo sledovali metódou veľmi presnej nivelácie doteraz iba vertikálne pohyby povrchu. Dosahujú rýchlosť niekoľko desiatín mm za rok, výnimočne až niekoľko mm za rok. Regionálne rozdelenie pohybov zobrazuje mapa seizmicko-tektonickej rajonizácie Slovenska (Hrašna, 2002, obr. 1).

Rovnomerné vertikálne pohyby povrchu nespôsobujú problémy pri využívaní územia. Problematické sú územia, kde dochádza ku zmene tendencie alebo intenzity pohybov. Sú to územia na rozhraní v mape vymedzených územných celkov a pozdĺž aktívnych tektonických línií v ich vnútri. Pri plánovaní využitia týchto území preto treba využívať novšie geologické mapy, v ktorých sú zlomové poruchy dokumentované i z hľadiska ich aktivity.

• **Poklesy povrchu banských území** nastali vo väčšine banských revírov na území Slovenska. Na rozdiel od tektonických pohybov povrchu sú rýchlejšie a ich dosahy na súčasnú krajinnú štruktúru ničivejšie. Spôsobujú poškodenie až deštrukciu stavieb, vznik alebo aktivizáciu svahových pohybov, vznik zamokrených depresí a jazier, znečistenie podzemných vôd i zmeny hydrogeologických pomerov a ekosystémov. Podobné pohyby, niekedy až náhle prepady povrchu vzniknú aj pri deštrukcii horninového prostredia v dôsledku jeho intenzívneho skrasovatenia. Územia postihnuté poklesmi povrchu v dôsledku banskej činnosti alebo deštrukcie skrasovatených horninových masívov sú nevhodné na výstavbu i niektoré ďalšie spôsoby využitia.

Seizmické javy

V našich geologických pomeroch sa vyskytujú zemetrasenia v dôsledku pohybov pozdĺž zlomov. Môžu

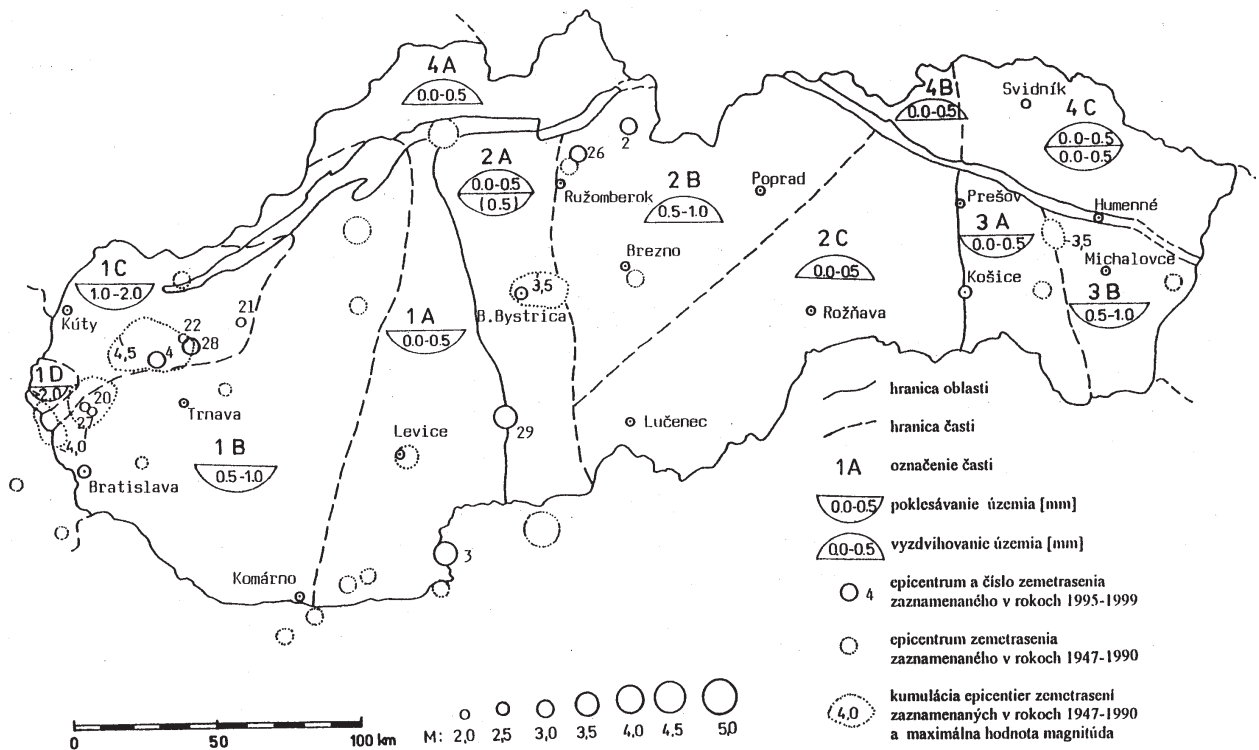
sa prejavíť i v reliéfe územia vznikom depresí, výzdvihov alebo strmých zrázov, prípadne i horizontálnych posuvov. Na nestabilných svahoch môže pri zemetrasení dôjsť k aktivizácii alebo vzniku zosuvov.

Priestorové rozloženie seizmickej aktivity vyjadrujú mapy epicentier zemetrasení a mapy pozorovanej alebo očakávanej intenzity zemetrasení. Najnovšie uvádza STN 73 0036 *Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií*. Intenzitu vnútri seizmických oblastí však treba upraviť podľa zásad inžinierskogeologickej seizmickej mikrorajonizácie (Hrašna, 1996). Osobitne treba posudzovať zeminy náchylné na stekutenie alebo presadanie. V mapách seizmickej rajonizácie sa okrem toho zaznamenávajú radónové emanácie a zvýšený obsah CO₂ v podzemných vodách, čo indikuje zlomové poruchy, ako aj územia, v ktorých pri zemetrasení môžu nastať svahové pohyby (napr. v mape Bratislavy in Matula, 1995).

V územiach so seizmicou aktivitou nad 6 °MSK sa musia robiť antiseizmické opatrenia stavieb. Ich charakter a nákladnosť závisia od veľkosti seizmického za-

Tab. 1. Geodynamické javy a potenciálne geohazardy

Geodynamické javy		Potenciálne geohazardy	
Skupina javov	typy javov	priame ohrozenia	sprievodné ohrozenia
Pohyby povrchu územia	pohyby geologických štruktúr, pohyby pozdĺž zlomov, poklesy banských území	zmeny reliéfu, poškodenie až deštrukcia stavieb	podmáčanie až zatopenie územia, zmeny ekosystémov
Seizmické javy	otrasy povrchu	poškodenie až deštrukcia stavieb, zmeny reliéfu a hydrosféry	svahové pohyby, povodne a požiare, ohrozenie životov
Krasové javy	vznik krasových jám, narušenie stropov jaskýň, rozširovanie puklín	prepádanie povrchu, poškodenie až zničenie stavebných objektov	únik vody z vodných nádrží, svahové pohyby, zmeny režimu vôd
Svahové pohyby	rozvoľňovanie masívov, pohyby blokov, zosuvy, zemné prúdy, rútenie skál	zmeny reliéfu, poškodenie až deštrukcia stavieb, znehodnotenie pôd	výmoľová erózia, prehradenie vodných tokov a záplavy
Erózne-akumulačné javy	veterná erózia a akumulácia	odnos pôd, zavievanie komunikácií a iných objektov	znečistenie ovzdušia a povrchových vôd
 vodná erózia na svahoch splachovanie pôd, vznik výmoľov, poškodenie a zanášanie komunikácií a iných objektov aktivizácia zosuvov, kontaminácia pôd a povrchových vôd
 erózia a akumulácia vodných tokov erózia brehov a dna, ohrozenie stavieb, odnos pôd, zanášanie koryta vznik alebo aktivizácia svahových pohybov, zmeny hladiny vôd
..... abrázia a akumulácia na brehoch vodných nádrží ústup brehov, zanášanie nádrží, ohrozenie bioty a stavieb vznik alebo aktivizácia svahových pohybov, zmeny reliéfu vznik alebo aktivizácia svahových pohybov, zmeny reliéfu
Zmeny objemu a štruktúry zemín	zmrašťovanie, napúčanie, presadanie, namrzanie, sufózia, stekutenie, zmeny konzistencie	deformácia základových pôd, narušenie stavieb a výkopov, zmeny reliéfu	vznik alebo aktivizácia svahových pohybov, znehodnotenie základových pôd



1. Rajonizácia vertikálnych pohybov povrchu na území Slovenska spracovaná na základe údajov Ústavu geodézie a kartografie a geologických máp územia Slovenska. V mape sú zakreslené aj epicentrá zemetrasení s prejavmi aktivity v období vykonávania nivelačných meraní. Zdroj: Hrašna, 2002.

ťaženia stavieb, ktoré sa v súčasnosti odvodzuje z maximálneho možného zrýchlenia v danom horninovom prostredí. Pri krajinnom plánovaní treba preto vymedziť územia podľa očakávanej seizmickej intenzity a veľkosti základného seizmického zrýchlenia, ako aj územia s výskytom zemín náchylných na presadenie alebo stekutenie.

Krasové javy

Krasové javy sú na jednej strane významným geopotenciálom územia, umožňujúcim jeho využitie na turistické, náučné i liečebné účely (tiesňavy, jaskyne, bralný reliéf a pod.), na druhej strane obmedzujú, niekedy až vylučujú jeho využitie. Horninové masívy s výskytom krasovo rozšírených puklín, dutín a jaskýň nie sú vhodné na výstavbu vodných nádrží a v závislosti od stupňa ich vyluhovania ani na iné typy stavieb. Pri plánovaní využitia územia s výskytom týchto javov blízko povrchu sa musia vylúčiť dopravné stavby a lokalizovanie priemyselných prevádzok spôsobujúcich otrasy a vibrácie.

Svahové pohyby

Svahovými pohybmi sú v súčasnosti postihnuté približne 4 % územia SR, t. j. asi 2 000 km². Poškodzujú až devastujú poľnohospodárske a lesné pôdy i mnohé úseky ciest a železníc. Na postihnutých svahoch sa nachádza takmer 500 obcí a osád i mnohé priemyselné a poľnohospodárske objekty, plynovody a elektrické rozvodné siete.

Zjednodušenú klasifikáciu svahových pohybov, založenú na ich rýchlosti a charaktere uvádza tab. 2. Pri posudzovaní vplyvov svahových pohybov na využiteľnosť územia je dôležité poznať aj ich aktivitu. Rozlišujú sa svahové deformácie aktívne a upokojené (dočasne upokojené), v ktorých sa pohyb môže vplyvom rôznych činiteľov obnoviť a stabilizované, ktorých pohyb sa vplyvom prírodných faktorov obnoviť nemôže.

• *Plazivé deformácie svahov* postihujú najmä pevné horniny. Vzhľadom na pomalosť pohybov nemožno vždy posúdiť stav ich aktivity, s výnimkou roztvá-

Tab. 2. Klasifikácia svahových pohybov

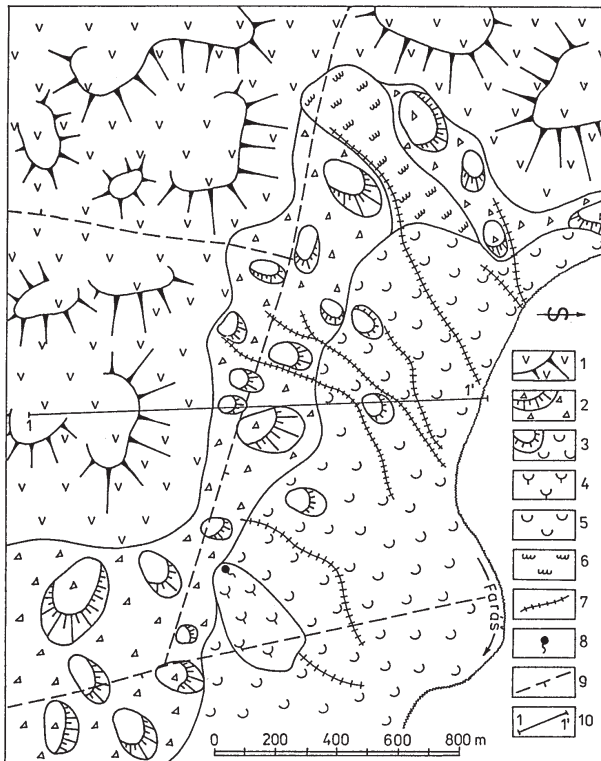
Skupina pohybov	Základné typy pohybov	Rýchlosť pohybov	Najrozšírenejšie typy pohybov
Plazenie	rozvoľňovanie svahov	mm – cm za rok	vznik a roztváranie puklín pozdĺž okrajov horninových masívov
	gravitačné vrásnenie		otváranie trhlín sprevádzané pohybmi na horských hrebeňoch a ich rozpad
			ohýbanie vrstiev vo svahoch horských masívov sprevádzané pohybmi povrchu
	blokové pohyby		zhrňovanie vrstiev pozdĺž okraja paniev
			vytláčanie mäkkých hornín na dne údolí
	povrchové plazivé pohyby		zabáranie blokov hornín do plastického podložía (blokové rozpadliny)
			zabáranie a horizontálne pohyby blokov na plastickom podloží (blokové polia)
	blokové pohyby po predurčenej ploche		
Zosúvanie	planárne zosúvanie	až km za hodinu	zosúvanie (klzanie) skalných hornín po predurčenej ploche
		až m za hodinu	zosúvanie zemín po rovinatej šmykovej ploche
	rotačno-planárne zosúvanie	až m za hodinu	zosúvanie po rovinatej a zakrivenej šmykovej ploche
			zosúvanie po subhorizontálnej a zakrivenej šmykovej ploche
rotačné zosúvanie		zosúvanie po zakrivenej (rotačnej) šmykovej ploche	
Tečenie	tečenie suchých, prevlhčených alebo zvodnených zemín	až km za hodinu	tečenie suchých úlomkovitých (kamenitých) zemín
		až km za deň	tečenie zvodnených kamenitých alebo hlinito-kamenitých zemín
Rútenie	zosypávanie	až km za hodinu	premiestňovanie drobných úlomkov zemín a skalných hornín kotúľaním po svahu
	opadávanie úlomkov	až nad 10 km za hodinu	premiestňovanie úlomkov a balvanov hornín voľným pádom a kotúľaním po svahu
	odvalové rútenie		náhle premiestnenie skalných stien alebo blokov hornín prevažne voľným pádom
	planárno-odvalové rútenie		premiestňovanie skalných hornín planárnym zosúvaním a potom voľným pádom

Zdroj: Rybár, 1991

rania puklín pozdĺž strmých okrajov horninových masívov, niektorých blokových polí a pohybov blokov po predurčenej ploche, spravidla nie sú pre využívanie územia prekážkou. Vzhľadom na obvyklú polohu v krajinnom prostredí (hrebene, strmé a členité svahy), územia s ich výskytom tvoria spravidla súčasť prvej krajiny štruktúry. Najmä v prípade vysokohorských terénov a niektorých blokových polí s bezodtokovými depresiami a vzácnou flórou sa môžu využívať i na náučné a turistické účely. Poľnohospodárske

a lesohospodárske využívanie územia, ako aj plytké inžinierske zásahy do geologického prostredia môže niekedy narušovať i zliezanie sutín a svahových hlín.

• **Zosúvanie** je najčastejším typom svahových pohybov. Ich výsledné formy – zosuvy – tvoria väčšinu svahových deformácií na území Slovenska. Zo všetkých svahových pohybov spôsobili doteraz najviac škôd na prírodnom i urbanizovanom prostredí. K nebezpečným, vylučujúcim alebo limitujúcim možnosť vyu-



2. Svahové deformácie na pravom údolnom svahu potoka Faráš: 1 – blokové rozpadliny, 2 – blokové polia, 3 – bloky vulkanoklastík v zosuvoch, 4 – aktívne zosuvy, 5 – upokojené zosuvy, 6 – stabilizované zosuvy, 7 – erózne ryhy, 8 – pramene, 9 – zlomy, 10 – línia rezu. Zdroj: Hrašna, Demian, 1996

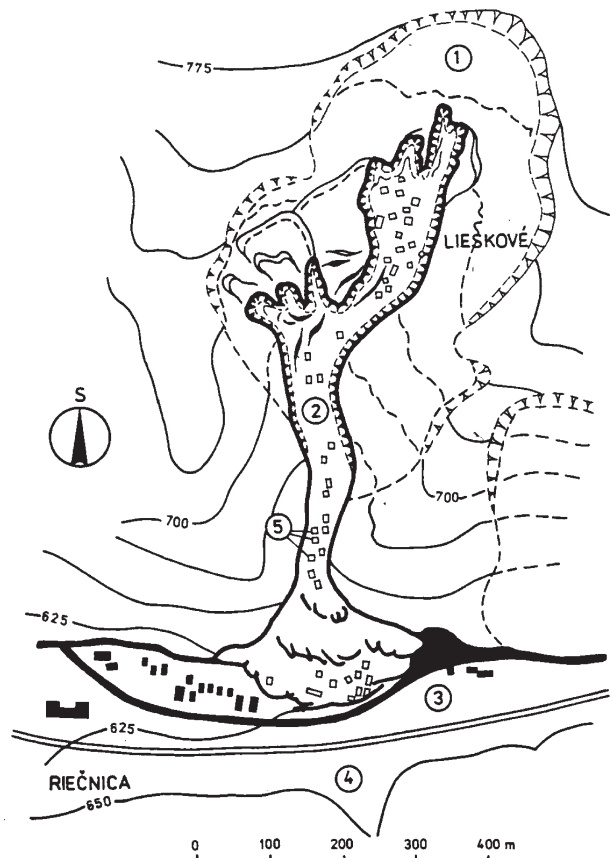
žitia územia patria aktívne a upokojené zosuvy. Stabilizované zosuvy sa môžu aktivizovať iba pri nesprávnych zásahoch do svahov. Na povrchu aktívnych svahových deformácií sa často intenzívne uplatňuje výmoľová erózia, ktorá prispieva aj k ďalšiemu znižovaniu ich stability. Na obr. 2 vidno porušenie svahu blokovými deformáciami, zosuvmi a eróznymi ryhami na území Pokoradzskej tabule. Hlbšie zarezané erózne ryhy odvodňujú svah, čím prispievajú k jeho stabilizácii, plytšie výmole zosuvy zavodňujú a aktivizujú. Aktivizáciu časti upokojeného zosuvu v spodnej časti spôsobil prestup vody z vulkanoklastických hornín do tela zosuvu.

• **Tečenie** suchých alebo zvodnených kamenitých zemín sa vyskytuje iba vo vysokých pohoriach. Kamenité prúdy i mury spôsobujú škody obvykle iba na vysokohorskej a lesnej vegetácii. Aby sa zabránilo ich škodlivému vplyvu na nižšie položené časti

pohorí, treba robiť stupňovité úpravy ich erózných rýh a dolín.

Tečenie fľovitých, hlinitých alebo hlinito-kamenitých zemín sa najčastejšie vyskytuje vnútri zosuvov, kde vytvárajú relatívne úzke, po svahu pretiahnuté zemné prúdy. Niekedy však vzniká tečenie i na neporušených svahoch. Aktivizuje sa pri nadmerných zrážkach a často spôsobuje veľké škody na vegetácii, pôdach i stavbách. Akumulované zeminy na dne dolín môžu spôsobiť aj prehradenie vodných tokov Zemný prúd, ktorý zničil osadu Lieskové a prehradil koryto potoka, vznikol vnútri staršieho zosuvu počas intenzívnych zrážok v máji 1962. Svahové hliny a zvetraliny flyšových sedimentov nasýtené vodou o hrúbke 2 – 15 m sa pohybovali rýchlosťou niekoľko cm až 25 m za hodinu. Pohyb takmer 1 mil. m³ zeminy ustal po šiestich dňoch (obr. 3).

3. Zemný prúd pri Riečnici: 1 – okrančenie starého zosuvu, 2 – zemný prúd, 3 – jazero v prehradenom potoku, 4 – nové koryto potoka, 5 – demolované a rozvrčené domy v osade Lieskové (upravené podľa Repku a Nemčoka, in Matula, 1986)



• **Rútenie.** Z tejto skupiny sú najnebezpečnejšie odvalové a planárno-odvalové rútenia, pri ktorých sa môže dať do pohybu veľká kubatúra hornín (niekoľko tisíc až niekoľko miliónov kubických metrov). Pod svahmi náchylnými na takéto pohyby treba vylúčiť akékoľvek aktivity. Značné škody však môže spôsobiť aj rútenie úlomkov a balvanov. Pri podrezaní svahov môže nastať aj odvalové rútenie zemín. Tento typ pohybu sa najčastejšie viaže na neogénne alebo sprašové sedimenty.

V procese krajinného plánovania treba vymedziť okrem existujúcich svahových deformácií aj tie územia, kde môžu vzniknúť nové alebo aktivizovať sa staré poruchy svahov. Týka sa to najmä zosúvania, tečenia a rútenia, čo môžu vyvolať alebo aktivizovať prírodné faktory, ale môžu vzniknúť aj v dôsledku podkopania a odlesnenia svahov, nevhodnej zástavby alebo nesprávneho poľnohospodárskeho i turistického využívania územia.

Eróznno-akumulačné javy

• **Veterná erózia a akumulácia.** Veterná erózia najčastejšie postihuje územia zbavené vegetácie a poľnohospodárske pôdy. Ohrozené sú najmä ľahké, piesočnaté a hlinitopiesočnaté pôdy. Vetrom unášané častice znečisťujú ovzdušie a povrchové vody, prípadne sa akumulujú na komunikáciách a iných objektoch, čím sťažujú ich prevádzku. Na zmiernenie devastácie pôd náchylných na veternú eróziu treba aplikovať špecifické agrotechnické opatrenia: udržiavať vlhkosť pôdy, striedať výškovo rozdielne plodiny, vysádzať vetrolamy a pod.

Osobitným prípadom veternej erózie a akumulácie je previevanie eolických pieskov. Ide o pohyb niekoľko metrov až niekoľko desiatok metrov vysokých pieskových dún. Na Záhorí, kde bola táto činnosť vetra v minulosti najaktívnejšia, sa pohyb dún zastavil výsadbou borovicového porastu. V súčasnosti vznikajú presypy najmä pri odlesňovaní, prípadne v súvislosti s poľnohospodárskym využívaním územia.

• **Vodná erózia na svahoch** spôsobuje škody najmä na poľnohospodárskych a lesných pôdach jednak plošnou eróziou pôdy, jednak morfológickým rozčlenením územia výmoľmi na menšie plochy so sťaže-



4. Aktivizácia výmoľovej erózie a zosuvných pohybov východne od obce Matiaška. Foto: R. Holzer

nou prístupnosťou. Erodovalý materiál niekedy sedimentuje v nižších častiach svahov, kde často prenáša aj rôzne kontaminanty (pesticídy, ťažké kovy a pod.), alebo sa dostáva do vodných tokov a vodných nádrží, ktoré znečisťuje a urýchľuje ich zanášanie splaveninami. Výmoľová erózia prispieva i k rozvoju iných geodynamických javov (svahových pohybov, objemovej zmene zemín a i.), znižuje priestor na situovanie stavieb, komplikuje ich zakladanie a zvyšuje nároky na počet priepustov a mostov pri dopravných stavbách.

Vznik a vývoj vodnej erózie na svahoch ovplyvňuje charakter a hrúbka pôd a hornín podliehajúcich erózii, morfológické a klimatické pomery, charakter a kvalita vegetácie i činnosť človeka. Najintenzívnejšie prebieha v územiach bez vegetačného krytu. Človek vyvoláva alebo urýchľuje eróziu odstraňovaním vegetácie, nesprávnym smerovaním polí, orby a poľných ciest, využívaním strmých svahov na rastlinnú a živočíšnu výrobu a pod.

Pri krajinnom plánovaní treba zväziť všetky faktory ovplyvňujúce v danom prostredí plošnú a výmoľovú eróziu a odporučiť také využívanie územia, ktoré nebude iniciovať jej vznik. V územiach s intenzívnou eróziou treba zmeniť spôsob využívania, alebo navrhnúť potrebné agrotechnické, resp. sanačné opatrenia.

• **Erózia a akumulácia vodných tokov.** Eróznno-akumulačná činnosť vodných tokov závisí od ich hydro-



5. Abrázný zrub a abrázna plošina pri západnom okraji vodnej nádrže Veľká Domaša. Foto: R. Holzer

logického režimu a geologických, morfológických a geodynamických pomerov územia. Jej charakter podstatne ovplyvňuje aj poloha v pozdĺžnom profile toku. Zatiaľ čo v horných úsekoch tokov prevláda hĺbková erózia, v dôsledku ktorej sa prehĺbuje koryto, v nižších úsekoch, kde sa doliny rozširujú, a najmä tam, kde vodné toky meandrujú, prevláda bočná erózia.

Okrem posunu brehovej čiary sa v dôsledku bočnej erózie niekedy naruší aj stabilita priľahlých svahov, najmä v územiach náchylných na zosúvanie. Pri našich vodných tokoch vznikli v minulosti stovky zosuvov, najväčšie mali objem až niekoľko miliónov kubických metrov. V mnohých dolinách vedú nad eróziou ohrozenými brehmi cesty a železnice, ktoré sa museli dôkladne zabezpečiť, resp. po narušení brehov alebo svahov boli nákladne sanované. Podobne vplýva na stabilitu brehov a svahov nad vodnými tokmi aj hĺbková erózia. Pri významnejšom zahĺbení koryta sa môže zaznamenať i pokles hladiny podzemnej vody v jeho okolí a vysušenie územia.

Erodovaný materiál sa akumuluje v nižších častiach tokov alebo pri ich vyústení do dolín väčších tokov, kde vznikajú niekedy i rozsiahle náplavové kužele. V období intenzívnych zrážok sa často zvýši množstvo splavenín v bystrinných tokoch, ktoré zanášajú korytá a pri povodniach poškodzujú priľahlé pozemky, často aj v intraviláne obcí.

Pri krajinnom plánovaní treba zdokumentovať brehy vodných tokov i svahov nad nimi a v prípade potreby navrhnuť ich sanáciu. Pri návrhoch na využitie územia treba zohľadniť i súčasné klimatické zmeny a s nimi spojené zmeny hydrologického režimu vodných tokov, ktoré by mohli spôsobiť intenzifikáciu procesov erózie, ako aj ovplyvniť množstvo unášaných splavenín a ich akumulácie.

• **Abrázia a akumulácia na brehoch vodných nádrží.** Pretváranie brehov vodných nádrží je komplexný proces, kde sa spravidla uplatňujú viaceré geodynamické javy a rozmyvateľnosť hornín, spoluurčujúca rýchlosť abrázných procesov, pri ktorých ustupuje pobrežie v dôsledku tvorby abrázných plošín a zrubov (obr. 5).

V závislosti od toho, aké horniny tvoria brehy vodnej nádrže a aké procesy sa pri tom uplatnia, môže brehová čiara ustúpiť o niekoľko centimetrov, až o niekoľko desiatok metrov a porušenie svahov v dôsledku rôznych procesov, najmä zosúvania, ich môže postihnúť až do vzdialenosti niekoľko sto metrov. Pritom sa môžu poškodiť, prípadne až zničiť poľnohospodárske i lesné pôdy, ako aj rôzne hospodárske objekty. V málo sklonitých a depresných častiach reliéfu po napustení vodnej nádrže niekedy dôjde k podmáčaniu územia, čo môže spôsobiť zníženie únosnosti zemín a zasolenie pôd, presadenie sprašových sedimentov a poškodiť objekty, ktoré sú v nich založené.

Pri prognóze pretvárania brehov a svahov vodnej nádrže sa musia brať do úvahy účinky možnej abrázie a zväziť všetky faktory, ktoré môžu spôsobiť celkové pretváranie svahov nad vodnou nádržou. Výsledkom prognózy by malo byť rozdelenie pobrežia na úseky s rozdielnou predpokladanou mierou pretvorenia brehov a svahov, s odporúčaním prípadnej sanácie tam, kde je to potrebné, resp. účelné.

Zmeny objemu a štruktúry zemín

Zmeny objemu a štruktúry zemín môžu mať nepriaznivé dôsledky na technosféru i krajinné prostredie. Vznikajú vplyvom pôsobenia vody na zemínu, zmenou jej množstva a teploty, alebo vplyvom hydrodynamického tlaku. K najvýznamnejším patria zme-

ny objemu a konzistencie, namrzanie a presadanie, sufózia a stekutenie zemín.

- **Objemové zmeny.** Zmene objemu podliehajú jemenozrné zeminy s vysokou plasticitou. Patria k nim zeminy s obsahom ílových minerálov, najmä zo skupiny smektitu. Vplyvom zvyšovania vlhkosti napúčajú (zväčšujú objem), v dôsledku znižovania vlhkosti sa zmršťujú (zmenšujú objem). V našich geologických pomeroch podliehajú objemovým zmenám najmä ílovité neogénne zeminy a zvetraliny ílovcov, z kvartérnych zemín niektoré ílovité deluviálne a deluvio-fluviálne sedimenty, menej sedimenty fluviálne. Zmena vlhkosti v dôsledku klimatických vplyvov pôsobí u nás do hĺbky asi 1,5 m. Niekedy môžu zmenu objemu vyvolať aj zmeny hladiny podzemnej vody, prípadné vysychanie zemín môže spôsobiť aj vegetácia. Dôsledkom objemových zmien je porušenie plytko založených objektov alebo svahov zárezov a odrezov.

- **Zmeny konzistencie.** Zeminám s nízkou plasticitou stačí na zmenu konzistencie malá zmena vlhkosti. Patria k nim hlavne hliny, prachovité a piesčité hliny. Tieto zmeny postihujú najmä fluviálne, niekedy aj proluviálne a deluviálne sedimenty. Problematiké je znižovanie stupňa konzistencie, pri ktorom sa znižuje pevnosť a zvyšuje stlačiteľnosť zemín. Dôsledkom toho je porušenie, niekedy až deštrukcia stavieb. Zmeny vlhkosti a konzistencie vznikajú v prípade týchto zemín vplyvom zmien hladiny podzemnej vody, ale aj zrážok. Stanovenie prípustného namáhania týchto zemín nemôže preto vychádzať iba z jednorazového zistenia vlhkosti, ale musí brať do úvahy komplexný rozbor ich vlastností a hodnotenie klimatických i hydrogeologických pomerov územia (Hrašna, Pavlech, 1981).

- **Namrzanie.** V zemine, v závislosti od jej priepustnosti a kapilárnej výšky, ako aj polohy hladiny podzemnej vody a hĺbky premrznania, vznikajú v dôsledku namrznania nepravidelné vrstvičky a šošovky ľadu, ktoré zvyšujú jej objem a nadvihujú alebo narúšajú objekty v jej okolí. Týka sa to plytko uložených, resp. založených produktovodov a stavieb, ale najčastejšie cestných komunikácií. Pri jarnom topení ľadu sa zmenší objem zeminy, poklesne povrch územia alebo podložia stavieb a komunikácií, zníži sa únosnosť zeminy s dôsledkom porušenia stavieb a komunikácií. Obzvlášť nebezpečné z tohto hľadiska sú hliny, prachovité a piesčité hliny, ako aj hlinité a prachovité piesky, ktoré sú relatívne priepustné a majú dostatočne veľkú kapilárnu vzliňavosť, takže môžu priviesť do zóny premrznania značné množstvo vody. Pri týchto zeminách stačí malé množstvo vody na to, aby stratili pôvodnú únosnosť.

- **Presadanie.** Ide o náhlu zmenu štruktúry a zmenšenie objemu zeminy v dôsledku zvýšenia jej vlhkosti alebo zaťaženia, prípadne otrasov. Spôsobuje nerovnomerné sadanie stavieb, s nasledujúcim vytváraním puklín a trhlín, prípadne až deštrukciou stavieb. V nezastavanom území vznikajú niekedy v dôsledku presadnutia zemín plytké depresie, s čím súvisí okrem zmeny reliéfu i zmena vegetácie a ekosystému.

Presadanie postihuje najmä typické spraše, charakteristické vysokým obsahom prachovitých častíc, nízkou objemovou hmotnosťou, vysokou pórovitosťou a nízkym stupňom nasýtenia. Patria k nim najmä najmladšie spraše z obdobia würrmu. Okrem spraší podliehajú presadaniu i niektoré iné typy zemín s podobnou štruktúrou a fyzikálnymi vlastnosťami, najmä prachovité a jemnopiesčité kvartérne i niektoré neogénne sedimenty.

Najčastejšou príčinou presadania zemín je ich prevlhčenie spojené s nevhodnou ľudskou činnosťou: ponechaním otvorených výkopov v zrážkovom období, poškodenou kanalizáciou a vodovodným potrubím, výstavbou vodnej nádrže a pod. Niekedy však môže byť príčinou presadnutia aj nadmerné zaťaženie alebo dynamické namáhanie zemín v podloží strojov a komunikácií.

- **Sufózia** je proces postupného premiestňovania a vyplavovania zrn z nesúdržných zemín. Postihuje najmä piesčité štrky a piesky. Vznikne v prípade, ak stupeň nerovnozrnnosti zemín umožňuje pohyb jemnejších zrn medzi hrubšími, hydraulický spád je dostatočný na vyvolanie ich pohybu a okrajové podmienky umožňujú vyplavovanie zrn.

Sufózia vzniká najmä pri hĺbení základových jám, zárezov a odrezov, v podloží ochranných hrádzí vodných tokov alebo pri poklese hladiny vo vodnej nádrži. Dôsledkom môže byť narušenie stability svahov, stavebných jám a stavieb v okolí výkopov, narušenie až deštrukcia ochranných hrádzí a záplava územia. Najväčšie dôsledky na poľnohospodársku krajinu i stavby na území Slovenska malo narušenie ochrannej hrázde a záplava rozsiahleho územia na Žitnom ostrove r. 1965. Hrádza sa poškodila v dôsledku vyplavovania zrn piesku z podložného piesčitého štrku pri vysokej hladine Dunaja, ako aj v dôsledku existencie materiálových jám, z ktorých obyvatelia ťažili štrkopiesky a odstránili pritom povrchovú vrstvu hlin brániacu vyplavovaniu pieskov z horninového prostredia.

- **Stekutenie.** V piesčitých zeminách sa vplyvom hydrodynamického tlaku alebo dynamického namáhania (napr. pri zemetrasení) zvýši pórový tlak aspoň na hodnotu normálneho napätia, pri ktorom sa zvod-

nený piesok mení na suspenziu vody a častíc zeminy. V zárezoch a stavebných jamách hĺbených v takýchto zeminách sa narušia ich svahy a dná, prípadne i poklesne územie v ich okolí. Intenzívny rozvoj tohto procesu spôsobuje najmä napätá hladina podzemnej vody.

Zmenám objemu, štruktúry a fyzikálno-mechanických vlastností zemín možno zabrániť správnou technológiou inžinierskych zásahov do geologického prostredia a zamedzením pôsobenia nepriaznivých faktorov. Zmeny štruktúry a objemu zemín nepredstavujú preto vylučujúci, ale iba limitujúci faktor využitia územia. V podkladoch pre krajinné plánovanie treba upozorňovať na možnosť vzniku uvedených javov a priestorovo vymedziť výskyt zemín náchylných na opísané procesy.

Práca bola podporená Agentúrou na podporu vedy a techniky prostredníctvom projektu APVT-51-035102 Tvorba environmentálnych limitov pre udržateľný rozvoj územia, sčasti grantovou agentúrou VEGA, finančnou podporou projektu 1/1028/04 Geoenvironmentálna optimalizácia využitia územia v procese územného a krajinoekologického plánovania.

Literatúra

- Hrašna, M.: Rajonizácia seizmickej intenzity na území Bratislavy. *Mineralia Slovaca*, 1966, 3, s. 219 – 224.
- Hrašna, M.: Monitorovanie tektonickej a seizmickej aktivity územia. *Geol. práce, Správy*, 106, 2002, s. 105 – 116.
- Hrašna, M., Demian, M.: Svahové deformácie na území Blžskej a Pokoradzskej tabule. Zb. Výskum, prieskum a sanácia zosuvných území na Slovensku. Bratislava : MŽP SR, Prievidza : OÚŽP, Nitrianske Rudno : GSSR a SAIG, 1996, s. 59 – 64
- Matula, M.: Geológia v územnom plánovaní a výstavbe. Bratislava : Príroda, 1995, 211 s.
- Hrašna, M., Pavlech, J.: Zmeny vlhkosti a konzistencie súdržných zemín vplyvom zrážok a kolísania hladiny podzemnej vody. *Mineralia Slovaca*, 1981, 2, s. 153 – 162.
- Ondrášik, R., Rybář, J.: Dynamická inžinierska geológia. Bratislava : SPN, 1991, 267 s.

Doc. RNDr. Miroslav Hrašna, PhD., Katedra inžinierskej geológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave, 842 15 Bratislava, hrasna@fns.uniba.sk

Kongresové centrum Slovenskej akadémie vied v Smoleniciach, v krasovom území Malých Karpát. Foto: J. Supuka

