

JAROMÍR DEMEK¹**KVANTITATIVNÍ VÝZKUM SVAHOVÝCH POHYBŮ VE VNĚJŠÍCH
ZÁPADNÍCH KARPATECH**

Jaromír Demek: Quantitative Research of Slope Movements in the Outer Western Carpathians (Czechoslovakia). Geogr. Čas., 38, 1986, 2-3; 3 tables, 11 refs.

The author presents result of measurements of debris movements on debris slopes of the Outer Western (Flysh) Carpathians (Czechoslovakia), during the period 1967-1984. The test area is situated on the main ridge of the Javorníky Mts. near to the boundary between Czech and Slovak Socialist Republic. Blocks of sandstone are moving downslope with different speed, depending on weather conditions and extent of Man activity (e. g. forest clearing).

ÚVOD

Svahy jsou nejrozšířenější a současně nejdynamičtější prvek georeliéfu. Dnešní tvářnost svahů je výsledkem činnosti vnějších geomorfologických pochodů, které označujeme jako svahové pochody. V současné době jsou svahy chápány jako otevřené dynamické geosystémy, které se vyvíjejí v důsledku vzájemného působení zemské kůry s atmosférou, hydrosférou, kryosférou, pedosférou, biogeosférou a socioekonomickou sférou. Energie a hmota vstupují do svahového geosystému, procházejí jím a vystupují z něho. Důsledkem vstupu, průchodu a výstupu energie a hmoty svahovým geosystémem jsou změny ve svahových pochodech, v tvaru a poloze svahu v prostoru. Svahové pochody tvoří zvláštní skupinu reliéfových pochodů, které jsou zatím málo prozkoumané. V posledních desetiletích je proto svahovým pochodům věnována zvýšená pozornost geomorfologů.

Ke studiu svahových pochodů v Karpatech podstatně přispěl řadou prací prof. Dr. M. Lukniš, DrSc. [6, 7, 8, 9], k jehož životnímu jubileu je věnován tento článek.

Metodika výzkumu

Kvantitativní výzkum svahových pochodů ve Vnějších Západních Karpatech je založen na měření pohybu sutí na pokusné ploše Pulčínské skály na hlav-

¹ Doc. RNDr. J. Demek, DrSc., Přírodovědecká fakulta Univerzity JEP, Katedra geografie, Kotlářská 2, 611 37 Brno.

ním hřbetu Javorníků při hranici mezi ČSR a SSR. Cílem průzkumu bylo kvantitativně zhodnotit intenzitu a průběh současných odnosových geomorfologických pochodů na svazích tvořených flyšovými horninami, a to zejména pomalých svahových pohybů. Odnosové geomorfologické pochody začínají na svahu působit v okamžiku, kdy jsou schopné překonat síly vázající částice horniny a zvětraliny na svahu (zejména vnitřní tření, kohezi, pevnost ve smyku, ap.). Působením odnosových svahových pochodů se svahy vyvíjejí, přičemž podstata vývoje svahů spočívá v přemísťování materiálu po svahu ve směru tíže s cílem dosáhnout rovnováhy ve svahovém geosystému. Způsob a rychlost vývoje svahů mají rozhodující význam pro vývoj celé krajiny. Proto znalost intenzity a průběhu odnosových geomorfologických pochodů na svazích má bezprostřední praktický význam pro činnost lidské společnosti v krajině.

Z těchto důvodů byly v letech 1965—1980 v rámci úkolu Státního plánu základního výzkumu koordinovaného ČSAV II—5—2 prováděny výzkumy odnosových pochodů na pokusných plochách v různých částech ČSSR, včetně pokusné plochy Pulčínské skály v Javorníkách. V letech 1981—1984 pokračoval výzkum v Javorníkách v rámci resortního úkolu Ústředního ústavu geologického v Praze. Současně byl tento výzkum součástí dlouhodobého výzkumu svahových pochodů v rámci činnosti IGU Komise pro výzkum svahů (1965—1968) a IGU Komise současných geomorfologických pochodů (1968—1984).

Při výzkumu byly používány geomorfologické a geodetické metody, zejména přesná triangulace a přesná nivelace. Geodetická měření byla prováděna n. p. Geodézie Brno.

Geomorfologické poměry pokusné plochy

Pokusná plocha se nachází v Pulčínské hornatině v Javorníkách na svahu vrchu Hradisko (773 m). Vrchol kóty Hradisko tvoří asi 150 m dlouhá a 80 m široká plošina protažená ve směru jihozápad-severovýchod. Na jihozápadě, severozápadě a jihovýchodě je plošina omezena svislými skalními stěnami. Výška skalních stěn kolísá od 2—3 m až do 20 m. Směrem k severovýchodu přechází plošina mírným svahem do rozvodního hřbetu. Při úpatí stěn jsou nakupeny bloky flyšových pískovců různé velikosti, které vytvářejí balvanová moře a balvanové proudy. Na jihovýchodním svahu se nachází skalní město. Celý skalní masív vrchu Hradisko je tvořen masívními pískovci až slepenci svrchních soláňských vrstev, které náležejí magurskému paleogénu. Pískovce jsou světlešedé až žlutavě hnědé s vápnitým nebo jílovitým tmelem. Jsou středně až hrubě zrnité. Ve vrcholové části jsou pískovce rozvolněny podél puklin. Na povrchu vrcholové plošiny jsou na puklinách protáhlé deprese široké až 0,5 m. V místech křížení puklin vznikly závrtovité sníženiny. Na severozápadním svahu vrchu Hradisko jsou ve stěně skalního masívu puklinové jeskyně [1]. Zvětráváním pískovců a slepenců vznikly písčité a písčito-jílovité hlíny, v kterých plovou různě velké bloky pískovců.

Pro kvantitativní výzkum pohybu bloků na svazích byl zvolen severozápadní svah vrchu Hradisko pod 18 m vysokou skalní stěnou, která ohraničuje vrcholovou plošinu. Studované území se nachází ve výšce 709 až 743 m n. m. Na svahu se nacházejí pískovcové bloky různých rozměrů a tvarů, které vznikly rozsáhlým skalním sesuvem nejspíše na konci pleistocénu. Svah je poměrně dosti zvlněný. V horní části při úpatí skalní stěny je sklon větší a zhruba ve

středu pokusné plochy dosahuje až 31°. Balvany jsou v této části nakupeny na sebe a tvoří stupně úpatní haldy. Ve střední části svahu se sklon zmenšuje na 10–20°. V dolní části pokusné plochy sklon svahu klesá i pod 10°. Balvany plavou v hnědé písčité a písčito-jilovité hlíně a místy jsou chaoticky nakupeny na sobě. Mocnost hlín s bloky není známá, ale jistě je větší než 1,8 m.

Pokusná plocha je porostlá smíšeným lesem. Nyní je území chráněno, ale během výzkumu došlo na pokusné ploše k polomům a k jejich následné těžbě.

POSTUP VÝSKUMU

V červnu 1967 byla pokusná plocha zaměřena n. p. Geodézie Brno a byl zpracován vrstevnicový plán zájmového území v měřítku 1:100. Současně byla zřízena polygonová síť, která byla zčásti zakotvena do skály. Polygonová síť i podrobné měřické body byly dále zhušťovány. V roce 1975 byly stabilizovány nové body č. 17 a 18 a v roce 1977 byl zřízen bod č. 19, který je zakotvený do skalního podloží. Tím se zvětšila hustota a stabilita sítě a tedy i přesnost v určení polohy bodů sítě. Pokusná plocha je dosti složitá, a to jednak pro nepřehledný terén a jednak pro velké vzdálenosti a výškové rozdíly. Body č. 6, 7, 17, 18, a 19 jsou uvažovány jako pevné body, avšak poloha bodů č. 6 a 7 je každoročně nově určována ze zajišťovacích bodů a tyto nové souřadnice jsou pak brány do výpočtu. Poloha bodů č. 9 a 18 je určena z pevných bodů 6,7 a 17 se střední chybou $m_{xy} = \pm 1,5$ mm a tvoří spolu kostru sítě, z jejichž vrcholů jsou pak určovány všechny ostatní body sítě.

Na balvanech různé velikosti pak byly zasazeny ocelové hřeby s křížkem.

Tab. 1. Celkový délkový posun bloků na pokusné ploše Pulčinské skály za období 1972–1979

Část	Posun bloků v mm	Počet bloků
Horní	0–5	30
	5–6	10
	6–7	4
	7–8	3
	8–9	7
	9–10	2
	10–15	12
	15–20	3
	20–20,4	1
	Dolní	0–12
12–13		3
13–14		2
14–15		1
15–20		1
20–30		4
30–39,1		1
Celkem		98
Neuvažováno pro nepřesnost		7

Na vybraných velkých balvanech bylo umístěno i více hřebů, aby bylo možné sledovat rotaci bloků.

Po zaměření v roce 1967 byla opakovaná měření provedena v říjnu 1970. Výsledky měření v roce 1970 byly antropogenně ovlivněny těžbou dřeva po polomech. Výšková a polohová měření pak byla opakována v letech 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1981, 1982, 1983 a 1984. Celkem bylo na pokusné ploše zaměřeno 105 balvanů s 133 body.

Výsledky výzkumů

Z rozboru přesnosti polohového určení balvanů v letech 1967—1974 vyplývá, že střední chyba v poloze m_{xy} roste od $\pm 0,5$ mm pro body 6 a 7 až do hodnoty ± 6 mm pro bod č. 14. Proto u měření do roku 1975 je třeba v horní části pokusné plochy uvažovat průměrnou střední chybu v určení balvanů $\pm 2,5$ mm a v dolní části lokality až ± 6 mm. Z toho plyne, že k pohybům došlo prokazatelně u balvanů v horní části pokusné plochy u nichž byl zjištěn větší délkový posun než 5 mm a v dolní části pokusné plochy u balvanů s větším posunem než 12 mm. Navíc na pokusné ploše byly balvany určované nevýhodnými kombinacemi záměrných přímk, a to v horní části pokusné plochy balvan s body označenými čísly {414+415+416}, balvan č. 537 a balvan s body označenými čísly {544+545+546}. V dolní části plochy jsou to balvan s body označenými č. {12+357+358+359+360}, balvan s body {379+382+383}, bal-

Tab. 2. Celkový délkový posun bloků na pokusné ploše Pulčinské skály za období 1975—1984

Část	Posun bloků v mm	Počet bloků
Horní	0— 4	4
	4— 5	2
	5— 6	4
	6— 7	5
	7— 8	5
	8— 9	6
	9—10	10
	10—15	19
	15—20	9
	20—30	7
	více než 30	1
Dolní	0— 6	14
	6— 7	0
	7— 8	0
	8— 9	3
	9—10	0
	10—15	2
	15—20	2
	20—30	3
30—50	2	
Celkem		98
Neuvažováno pro nepřesnost		7

van s body (394+395+396) a balvan č. 397. Uplatníme-li tato kritéria přesnosti, pak můžeme konstatovat, že v letech 1967—1974 došlo v horní části plochy k pohybu 9 balvanů. V dolní části ani jeden blok neměl pohyb větší než 12 mm.

Za období 1972—1979 je zhodnocení celkového horizontálního pohybu balvanů podle výše uvedených kritérií uvedeno v tabulce 1. Z tabulky vyplývá, že za sledované období v horní části plochy u 30 balvanů nedošlo k pohybům nebo jsou v rozsahu chyb při měření (42,25 % všech balvanů). Prokazatelně došlo k pohybu u 41 balvanů (57,75 %). Největší pohyb za sledované období činil 20,4 mm (bod č. 333). Na dolní části plochy nedošlo za uvedené období k pohybům nebo jsou v rámci chyb při měření u 14 balvanů (53,8 %). U 12 balvanů prokazatelně došlo k pohybu po svahu (46,2 %), přičemž největší pohyb po svahu činil 39,1 mm (balvan č. 399+400). U řady balvanů, na nichž je více bodů, byla zjištěna rotace (např. balvany s body 10+502+503+504, 481+482+483, 219+254+255 a další).

Tyto výsledky měření však nebyly uspokojivé a proto v roce 1975 byla síť doplněna zhušťovacími body a zvýšena tuhost sítě. Tím byla i zvýšena přesnost v určení polohy bloků. Od roku 1975 jsou balvany v horní části pokusné plochy určovány s průměrnou střední chybou v poloze ± 2 mm, body ve spodní části plochy pak s průměrnou střední chybou ± 3 mm. Z toho plyne, že k horizontálním pohybům došlo prokazatelně v horní části lokality u balvanů, u nichž byl zjištěn větší délkový posun za studované období jak 4 mm a ve spodní části lokality větší než 6 mm. Uvedená kritéria se však opět nedají aplikovat na balvany s čísly {414+415+416}, dále {544+545+546} a balvan č. 537 v horní části plochy. V dolní části plochy pak bylo třeba z hodnocení

Tab. 3. Průměrné hodnoty vertikálních pohybů bloků na pokusné ploše Půlčínské skály za období 1975—1984

Pohyb v mm	Počet bloků
0,0— 2,3	33
2,3— 3,0	19
3,0— 4,0	24
4,0— 5,0	11
5,0— 6,0	4
6,0— 7,0	3
7,0— 8,0	3
8,0— 9,0	0
9,0— 10,0	1
10,0— 20,0	2
20,0— 50,0	0
50,0—100,0	1
100,0—200,0	0
200,0—300,0	0
300,0—400,0	2
více než 400,0	1
Celkem	104
Neuvažován	1

vypustit balvany s body (12+357+358+359+360), (379+382+383), (394+395+396) a balvan č. 397. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 2.

Podle výsledků měření lze konstatovat, že v horní části plochy došlo prokazatelně k pohybu za období 1975—1984 u 68 balvanů (94,4 %), přičemž ve srovnání s obdobím 1972—1979 se zvětšil horizontální posun balvanů. V dolní části pokusné plochy však počet balvanů bez pohybu nebo v rámci chyb při měření zůstal stejný (14 bloků, 53,8 %). U některých dalších balvanů se však ve srovnání s obdobím 1972—1977 zvětšil horizontální posun.

Výškové zaměření balvanů bylo provedeno přesnou nivelací od pevného bodu na vrcholu Hradisko. Z rozboru přesnosti měření vyplývá, že k posunům prokazatelně došlo u balvanů, u nichž při opakované nivelaci byl zjištěn větší rozdíl než 2,3 mm. Výsledky opakovaných měření za období 1975—1984 jsou uvedeny v tabulce 3.

Měření výškových rozdílů za uvedené období ukázalo, že ze 104 balvanů nedošlo k pohybům u 33 balvanů (31,7 %). Většina vertikálních pohybů leží v rozmezí 2,3 až 5 mm (54 balvanů 51,9 %). U jednoho balvanu došlo podle měření k vertikálnímu pohybu +1351,7 mm (balvan s body č. 6 +473). V tomto případě však nelze vyloučit měřickou chybu.

Diskuse metody měření a dosažených výsledků

Vzhledem k poloze, sklonu a tvaru pokusné plochy byla metoda přesné triangulace a přesné nivelace použitá n. p. Geodézie Brno pro kvantitativní výzkum pohybu bloků na svazích Javorníků vyhodnocena jako jediné použitelná metoda. Metody používané na jiných pokusných plochách (např. pozemní fotogrametrie, metoda linií, ap.) nebylo možné v tomto případě použít.

Po zhuštění polygonové sítě a zvětšení její tuhosti v roce 1975 lze považovat výsledky měření horizontálního pohybu bloků za vyhovující. Přesnost nivelace je vyhovující od roku 1972.

Výsledky měření ukázaly, že

- a) u většiny bloků dochází k jejich pohybu ve směru sklonu svahu,
- b) balvany se při pohybu naklánějí a otáčejí,
- c) k pohybu dochází u malých i velkých bloků,
- d) horizontální pohyb za zkoumané období činí od několika mm do prvních desítek mm (prakticky do 50 mm za 9 let),
- e) vertikální pohyb balvanů ve většinou do 20 mm za 9 let a u více než poloviny (51,9 %) balvanů v rozmezí 2,3 mm až 5 mm za 9 let. U vertikálního pohybu je však třeba uvažovat naklánění a otáčení bloků, které v některých letech vede ke zdvihu a v jiných opětně k poklesu. Skutečný vertikální pohyb je proto větší než v tabulce uváděný průměr za 9 let a k pohybu došlo u více balvanů,
- f) pohyb bloků není rovnoměrný, nýbrž v jednotlivých letech rozdílný zřejmě v závislosti na klimatických podmínkách (zejména srážkách a promrzáání půdy).

Příčinou pohybu bloků je zřejmě celý soubor svahových pochodů, zejména plzivý pohyb zvětralin, mrazové vzdouvání, sufóze v hlinách. Přírodní pochody jsou ovlivňovány a urychlovány antropogenními vlivy, zejména těžbou dřeva a přibližováním kmenů traktory.

Výzkum bude pokračovat.

Autor děkuje za spolupráci při výzkumu pracovníkům n. p. Geodézie Brno (zejména Ing. E. Myškoví, Ing. J. Koutnému a Ing. J. Sáčkovi). Za podporu projektu děkují Dr. A. Zemanovi, CSc., z Ústavu geologie a geotechniky ČSAV a Ing. P. Vyskočilovi, DrSc. Za čtené rady a pomoc je zavázán Ing. Dr. V. Novákovi, CSc., z Geografického ústavu ČSAV a Dr. M. V. Drápelovi, CSc., z katedry geografie Přírodovědecké fakulty UJEP v Brně.

LITERATURA

1. DEMEK, J.: Jeskyně ve flyšových pískovcích moravskoslezských Karpat. Československý kras, 15, Praha 1964, ss. 127—130. — 2. DEMEK, J.: Shift of rock fragments. Revue de Géomorphologie Dynamique, 17, 4, Paris 1968, ss. 177—178. — 3. DEMEK, J.: Debris movements on slopes in the Moravian Flysh Carpathians. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 7, Warszawa—Kraków 1973, ss. 67—74. — 4. GARDNER, J.: Observations on surficial talus movements. Zeitschrift für Geomorphologie, N. F. 13, 3, Berlin W.-Stuttgart, ss. 317—323. — 5. LUCKMAN, B. H.: The measurement of debris movement on alpine talus slopes. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband, 29, Berlin W.-Stuttgart, ss. 177—129. — 6. LUKNIŠ, M.: Zosunové územie na ľavom brehu Váhu medzi Hlohovcom a Šintavou. Zemepisný zborník, III, Bratislava 1951, ss. 53—77. — 7. LUKNIŠ, M.: Príspevok k poznaniu forem mrazového zvetrávania skal v Západných Karpatoch. Sborník ČSGS, LIX, 1, Praha 1954, ss. 1—8. — 8. LUKNIŠ, M.: The intensity of lowering of the High Tatra ridges since the retreat of glaciers. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 2, Warszawa—Kraków 1968, ss. 5—11. — 9. LUKNIŠ, M.: Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia. Bratislava 1973, s. 375. — 10. RAPP, A.: Recent development of mountain slopes in Kärkevage and surroundings. Geografiska Annaler, 42, Stockholm 1960, ss. 70—200.
11. STATHAM, I.: Scree slope development under conditions of surface particle movements. Transactions Institute of British Geographers, 59, London 1973, ss. 55—65.

Яромир Демек

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ОБЛОМКОВ ПОРОД НА СКЛОНАХ
ЗАПАДНЫХ ФЛИШЕВЫХ КАРПАТ В ЧЕХОСЛОВАКИИ

В июне 1967 г. начались стационарные наблюдения за перемещением обломков песчанников на лесистых северо-западных склонах горы Градиско (773 м н. у. м.) в Горах Яворники в Западных Флишевых Карпатах. В статье приводятся результаты измерений движений за период 1967 — 1984 гг. Было измерено положение 105 глыб магурских песчанников у подножья морозного уступа. Повторные измерения проводились в годах 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1980, 1981, 1982 и 1984.

На склонах протекает движение обломков разных размеров согласно наклону. Результаты наблюдений помещены в таблицах № 1, 2 и 3. Точная триангуляция показала движение по склону в период 1975 — 1984 от нескольких мм по 50 мм. Точная нивелировка показала более сложную картину. В некоторых годах под влиянием вращения и наклона обломков наблюдается поднятие, в других наоборот опускание. Средние данные вертикального движения обломков в период 1975 — 1984 гг. в рамках от 2,3 мм по 5 мм (более чем 50 % всех обломков). Величины вертикального движения разные в отдельных годах в связи

с климатическими условиями, особенно осадками и температурами в зимнее время года. Исследования продолжаются.

Таб. 1. Горизонтальное движение обломков на стационаре Пульчинские скалы в период 1972 — 1979 гг. в мм.

Таб. 2. Горизонтальное движение обломков на стационаре Пульчинские скалы в период 1975 — 1984 гг. в мм.

Таб. 3. Вертикальное движение обломков на стационаре Пульчинские скалы в период 1975 — 1984 гг. в мм.

Перевод: Я. Демек

Jaromír D e m e k

QUANTITATIVE RESEARCH OF SLOPE MOVEMENTS IN THE OUTER WESTERN (FLYSH) CARPATHIANS (CZECHOSLOVAKIA)

Author presents results of surveying of debris movements on slopes of the Outer Western (Flysh) Carpathians, Czechoslovakia in the period 1967—1984. The experimental area is situated on the main ridge of the Javorníky Mts. near to the boundary between Czech and Slovak Socialist Republic. Test area is situated on the NE slope of Mt. Hradisko (773 m a. s. l.) at the foot of frost-riven scarp. Debris slope is formed by thick layer of sandy loam with angular blocks of different dimensions. Bedrock is composed of flysh sandstone and shales. Block movements were measured since 1967 using precise triangulation and precise nivelation. Surveying has shown, that most blocks are moving downslope. During the movements blocks are inclined and are rotating. Downslope movements measured in period 1975—1984 are from several mm to 50 mm. Vertical movements are more complex. In some years due to inclination and rotation of blocks uplifts can be observed, during other years subsiding can be established. Mean value of vertical movements in the period 1975—1984 was from 2,3 to 5 mm (more than 50 percent of blocks). Values of horizontal (downslope) and vertical movements are different every year depend on weather conditions, mostly precipitation and frost. The reason for slow downslope movements are creep, piping and frost action. The research will be continued.

Table 1. Total length displacement of blocks on an experimental surface of the Pulčínské skály for a period 1972—1979.

Table 2. Total length displacement of blocks on an experimental surface of the Pulčínské skály for a period 1975—1984.

Table 3. Average values of the vertical movements of blocks on an experimental surface of the Pulčínské skály for a period 1975—1984.

Translated by J. D e m e k