



Powierzchniowe ruchy masowe należą do rozpowszechnionych zagrożeń geodynamicznych i noszą cechy klęski żywiołowej. Polska jest krajem, gdzie osuwanie pociągnęło za sobą niewielką liczbę ofiar, natomiast zniszczenia infrastruktury, zwłaszcza drogowej, są spektakularne. Właściwe rozpoznanie osuwisk i sporządzenie ich wiarygodnych map jest niezbędnym krokiem w ograniczaniu tego zagrożenia.

Powierzchniowe ruchy masowe należą do najbardziej rozpowszechnionych zagrożeń geodynamicznych, noszących często cechy klęski żywiołowej. Obejmują one różne procesy i zjawiska, których wspólną cechą jest zniszczenie dotychczasowej struktury utworów geologicznych i przemieszczenie ich w dół stoku pod wpływem siły ciężkości. Ich lokalizacja i intensywność zależą od wzajemnego oddziaływania warunków geosrodowiskowych oraz czynników inicjujących i wspomagających ich propagację. Efektem ruchów masowych jest z jednej strony przemodelowanie rzeźby i wytworzenie nowych form morfologicznych, z drugiej strony zniszczenie dóbr materialnych posadowionych w terenie w zasięgu oddziaływania tych procesów. Z tych powodów ruchy masowe i formy powstałe w ich efekcie stanowią zagrożenie dla budownictwa i infrastruktury liniowej, w tym dla szlaków komunikacyjnych.

Ponieważ ruchy masowe występują zarówno na zboczach dolin rzecznych, na stromych brzegach jezior, na wybrzeżach morskich, jak i na zboczach górskich, to są one rozprzestrzenione w wielu różnych rejonach geograficznych. Ruchy masowe oraz ich skutki są przedmiotem badań i pracy specjalistów z dziedziny nauk o Ziemi oraz inżynierów i geotechników. Ma to swoje dalsze następstwa. Chociaż przedmiot zainteresowania jest wspólny, to profesjonalne podejście do zagadnień jest odmienne, a to z kolei doprowadziło do pewnych dysonansów. Od geologów oczekuje się przede wszystkim odpowiedzi na pytanie, gdzie i w jakich utworach

mogą wystąpić ruchy masowe, natomiast od inżynierów oczekuje się rozwiązań, które pozwolą prowadzić inwestycje komunikacyjne i je eksploatować w taki sposób, by obawy o utratę stateczności i zniszczenie zredukować do minimum.

Różnice terminologiczne

W literaturze geologicznej, geomorfologicznej i geotechnicznej istnieją liczne, różnorodne opisy i klasyfikacje dotyczące grawitacyjnego przemieszczania skał i gruntów w dół zboczy. Stan ten wynika z wieloletniego, można nawet powiedzieć już ponad stuletniego, okresu analizy i badania takich zjawisk. Pierwsza opublikowana w Polsce praca dotycząca osuwisk napisana została przez Zuberą i Blautą (1907), a ukazała się w Czasopiśmie Technicznym w 1907 roku.

Współcześnie używana terminologia jest często niejednoznaczna, gdyż pojęcia *landslide* oraz *mass movement* używane są często zamiennie (Carrara i in., 1999; Cornforth, 2005), a nawet nadmiernie rozbudowana, co w stosunku do prac anglojęzycznych stwierdzają J.F. Shroder i in. (2005).

Podobne spostrzeżenia można odnieść także do opracowań pisanych po polsku (Zabuski i in. 1999, Margielewski 2004, Ziętara 2006). Niektóre terminy takie jak np. *obsuwisko* (Chudziński 1929) czy *frana* (Gelinek 1929) stały się archaizmami i wyszły całkowicie z użycia, inne utrzymały się znacznie dłużej. Jak podkreśla M. Banach (1977), słowo *usuwisko* (widoczne jeszcze czasami na starszych znakach drogowych) używane było przede wszystkim w geologii inżynierskiej i mechanice gruntów (Grubecki i Sysak 1960; Piątkowski i Czarnota-Bojarski, 1964), a *osuwisko* w geologii dynamicznej i geomorfologii (Książkiewicz, 1972; Klimaszewski, 1978). Wprawdzie ten ostatni termin dominuje obecnie w literaturze przedmiotu, to jego zakres znaczeniowy jest bardzo szeroki, gdyż często odnosi się go zarówno do procesu osuwania, jak i formy terenu powstającej w wyniku tego procesu. Chociaż przemieszczanie utworów (mas skalnych i gruntu) w dół stoków może zachodzić przez spłyzywanie, spływanie, staczanie się, obrywanie czy zsuwanie, to wszystkie te typy kolokwialnie określa się krótko jako „osuwisko”.

Osuwisko w takim ujęciu nie będzie jednak skutkiem procesów osuwania, lecz częścią ruchów masowych. Jak podkreślają K. Furtak i A. Sala (2005) jest to daleko posunięte uproszczenie, zwłaszcza jeżeli rozważa się różne przyczyny przemieszczenia utworów, charakter przebiegu procesu oraz skutki. Powstające w wyniku takich oddziaływań formy jak i ich przestrzenny zasięg też są zróżnicowane. Te właśnie aspekty skłaniają przedstawicieli nauk o Ziemi do używania terminu *ruchy masowe* w odniesieniu do procesów zachodzących na stokach, a terminu *osuwisko* w odniesieniu do formy powstałej w wyniku zsuwania się materiału po stoku.

Podstawowe informacje o ruchach masowych

Istnieje cały szereg klasyfikacji, używanych przez geologów i inżynierów (m.in. Kleczkowski, 1955; Nemcok i in., 1972; Varnes 1978; Bober, 1984; Kowalski 1988;

Osuwiska zagrożeniem dla infrastruktury - cz. I

Utworzono: wtorek, 25, sierpień 2009 08:20 Antoni Wójcik, Teresa Mrozek

Cruden i Varnes, 1996; Diaku i in., 1996; Zabuski i in., 1999; Margielewski 2004), ale żaden z podziałów ruchów masowych nie jest uniwersalnie akceptowany. Ruchy masowe obejmują taki transfer, w którym zarówno skały jak i utwory luźne przemieszczają się en masse pod wpływem siły ciężkości, przy czym mogą to być przemieszczenia bardzo wolne, prawie niezauważalne, jak też szalenie szybkie. Jak wynika z przeglądu J.F. Shrodera i in. (2005) najczęściej w podziale ruchów masowych uwzględnia się charakter przemieszczenia oraz rodzaj przemieszczanego materiału, a także prędkość ruchu.

Tablica. Podział ruchów masowych na podstawie klasyfikacji D. J. Varnesa (R. Dikau i in., 1996) zmodyfikowany

Materiał/Rodzaj ruchu	Skały	Utwory luźne (grunty) grubookruchowe	Utwory luźne (grunty) drobnoziarniste
Obrywanie (odpadanie)	Obryw skał	Obryw rumoszu	Obryw ziemny
Osuwanie - ruch translacyjny - ruch rotacyjny (ruch obrotowy)	Zsuw (osuwisko) translacyjny Zsuw (osuwisko) rotacyjny	Zsuw (osuwisko) translacyjny Zsuw (osuwisko) rotacyjny	Zsuw (osuwisko) translacyjny Zsuw (osuwisko) rotacyjny
Spływanie	Spływ skalny	Spływ gruzowy (spływ rumoszu)	Spływ błotny (spływ ziemny)
Spęzanie		Spęzanie rumoszu	Spęzanie gruntu (ziemi)
Ruchy złożone* kombinacja dwu lub więcej typów ruchu	Złożone - zmienne	Złożone - zmienne	Złożone - zmienne

* wg R. Dikau i in. (1996) następuje zmiana charakteru ruchu w dół stoku ale w obrębie tego samego materiału

Pozwala to na pogrupowanie ruchów masowych w kilku zasadniczych kategoriach (tab.), przy czym nie są one wzajemnie się wykluczające, gdyż wielokrotnie obserwuje się, że jeden typ przekształca się w inny. Dla porządku należy też zaznaczyć, że podział ten nie uwzględnia przewracania (ang. topple) ani osiadania gruntu. W tym ostatnim przypadku przemieszczenie nie musi być wywołane przez naturalne ruchy masowe, a w przypadku zniszczenia infrastruktury drogowej może być np. wynikiem błędów w praktyce geotechnicznej (projektowych lub wykonawczych) lub podziemnej działalności górniczej.

Ze względu na skrótową formę niniejszego opracowania przy wyjaśnianiu poszczególnych terminów zastosowano pewną generalizację, starając się jednak oddać istotę poszczególnych ruchów masowych.

Przez obrywanie rozumie się oderwanie się skały lub gruntu i przemieszczenie w wyniku spadku swobodnego, przy czym spadające fragmenty mogą się odbijać i uderzać w siebie na nawzajem zanim osiągną stadium spoczynku. Spływanie odnosi się do ruchu ciągłego, w którym przemieszczający się materiał porusza się w dół jak ciecz lepka, a poszczególne fragmenty lub cząstki nie zachowują swojego pierwotnego uporządkowania. Osuwanie następuje wtedy, gdy przemieszczający się materiał, zachowując przynajmniej częściowo swoje pierwotne uporządkowanie i spójność, pozostaje w kontakcie z podłożem, po którym się przesuwają w dół wzdłuż jednej lub kilku powierzchni.

Prędkość poszczególnych rodzajów ruchu zmienia się w bardzo szerokim zakresie. Ruch może być tak powolny, że prawie niezauważalny - jest to zwykle pełznięcie - ale może też osiągać bardzo duże prędkości rzędu kilku km/godz. w przypadku spływów gruzowych, a nawet wyższe przy spadku swobodnym (obrywy).

Przedstawiony w tablicy podział ruchów masowych uwzględnia również rodzaj materiału biorącego udział w przemieszczaniu w dół, przy czym istotne jest czy w chwili rozpoczęcia ruchu przemieszczaniu poddana została skała lita czy też utwory luźne. W tej ostatniej kategorii mieszczą się zarówno duże klasty (bloki, głazy, rumosz), jak i drobne okruchy i ziarna. Można spostrzec, że same nazwy nawiązują do dominującego typu materiału. I tak spływy gruzowe wskazują na przewagę głazów i rumoszu, w spływach ziemnych dominuje materiał drobnoziarnisty (piaski, pyły i ły), natomiast spływy błotne, jak sugeruje nazwa, mają wysoką zawartość wody, łu i pyłu.

Te podstawowe charakterystyki ruchów masowych (rodzaj materiału, typ i prędkość ruchu) pozwalają zauważyć, że ich występowanie w warunkach naturalnych uzależnione jest od budowy geologicznej danego obszaru oraz rzeźby terenu i warunków klimatycznych. Dlatego obrywów skalnych można spodziewać się tam, gdzie występują odsłonięte, strome skały (zwykle przy nachyleniu ponad 50°), spływów gruzowych tam, gdzie nagromadzone są produkty wietrzenia skał (rumosz) a nachylenie stoków jest duże, pozostałe zaś typy mogą wystąpić praktycznie na każdym nachylnym stoku powyżej 3°.

Na ten generalny obraz typowych ruchów masowych nakłada się jeszcze bardziej szczegółowa klasyfikacja dotycząca osuwania sensu stricto, czyli przemieszczeń po wyraźnie określonych powierzchniach poślizgu (powierzchniach ścicia). Taki szczegółowy podział wypracowany został przede wszystkim w polskich Karpatach, gdzie przynajmniej w strefie gór średnich dominują zsuwy (osunięcia) translacyjne i rotacyjne. Tu należy po raz kolejny przypomnieć, że te ostatnie wielokrotnie są nazywane po prostu osuwiskami (Wysokiński 2006), a niekiedy zerwami (Kleczkowski, 1995; Klimaszewski, 1978). Jako dodatkowe kryterium stosuje się porównanie kierunku przemieszczenia do ułożenia warstw podłoża. Pozwala to na

wydzielenie osuwisk konsekwentnych, obsekwentnych, subsekwentnych oraz asekwentnych i insekwentnych. Pierwsza kategoria obejmuje formy powstałe w wyniku przemieszczeń po płaskiej powierzchni poślizgu i z tego względu tego typu przemieszczenia są nazywane zsuwami. Pozostałe typy związane są z przemieszczeniami po powierzchni cylindrycznej lub płaskiej. Chociaż Kleczkowski (1955) i Bober (1984) stosują do nich określenie osuwiska w węższym znaczeniu, to w późniejszej literaturze pod pojęciem osuwisko kryje się przemieszczenie z rotacją.

Osuwiskami konsekwentnymi są osuwiska powstałe w wyniku przemieszczenia materiału po istniejącej w gruncie powierzchni osłabienia zorientowanej prawie równolegle do powierzchni stoku, a wzdłuż powierzchni uwarstwienia, uławicenia, na granicy zwietrzelina-skała, wzdłuż szczelin i spękań. Osuwisko asekwentne powstaje w wyniku ruchu z obrotem w jednorodnych i niezaburzonych utworach (np. łąłach, glinach, lessach, piaskach). Osuwisko insekwentne jest osuwiskiem powstałym skośnie do przebiegu powierzchni warstwowania, uławicenia itp. W obrębie tego typu dokonano dalszego podziału na osuwiska obsekwentne i subsekwentne. Osuwisko obsekwentne powstaje w wyniku przemieszczenia materiału w poprzek czołowych powierzchni ławic w kierunku przeciwnym do kierunku ich zapadania. Osuwisko subsekwentne jest wynikiem przemieszczenia w kierunku zgodnym biegu ławic. Zagadnienia klasyfikacji osuwisk starano się ujednolicić, przygotowując Instrukcję służącą do inwentaryzacji i opracowania ruchów masowych w skali Polski (Grabowski i in. 2008).

doc. dr hab. Antoni Wójcik, Państwowy Instytut Geologiczny, prof. Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geologii Podstawowej

mgr Teresa Mrozek, Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Karpacki

Literatura:

1. Banach M., 1977, Rozwój osuwisk na prawym zboczu doliny Wisły między Dobrzyniem a Włocławkiem, *Prace Geograficzne*, nr 124, s. 101.
2. Bober L., 1984, Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 340, Z badań geologicznych w Karpatach, t. XXIII, 115-153.
3. Brabb E.E., 1984, Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping, *Proceedings of the IV International Symposium on Landslides*, Toronto, 1,307-323.
4. Chudziński B., 1929, Obsuwiska itp. zjawiska w dolinie środkowej i dolnej Warty, *Badania Geogr. nad polską Północno-Zachodnią*, z. 4-5.
5. Carrara A., Guzzetti F., Cardinali M., Reichenbach P., 1999, Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scaled, Central Italy, *Geomorphology*, 31 (1-4), 181-216.
6. Cornforth D.H., 2005, *Landslides in Practice: Investigation, Analysis and Remedial/Preventive Options in Soils*, Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, s. 596.
7. Cruden D.M., Varnes D.J., 1996, *Landslides Types and Processes*, [w:] Turner A.K., Schuster R. (eds.), *Landslides: Investigations and Mitigation*, Transportation Research Board, NRC Washington D.C., Special Report 247,36-75.

8. Furtak K, Sala A., 2005, Stabilizacja osuwisk komunikacyjnych metodami konstrukcyjnymi, *Geoinżynieria, drogi, mosty, tunele*, 3 (6), 12-22.
9. Gelinek K, 1929, Osuwiska nad Wisłą. Przyczynek do fizjografii wysokich brzegów nadwiślańskich [w:] *Pamiętnik II zjazdu geografów i Etnografów Słowiańskich w Polsce w 1927 roku*. T.1., Kraków.
10. Grabowski D. Marciniec P., Mrozek T., Nescieruk P., Rączkowski W., Wójcik A., Zimnal Z., 2008, Instrukcja opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, *PIG Warszawa*, s. 92.
11. Graniczny M., Mizerski W., 2007, *Katastrofy przyrodnicze*, PWN, Warszawa, s. 198.
12. Grubecki J., Sysak J., 1960. *Geologia inżynierska*, Arkady, Warszawa.
13. Kleczkowski A., 1955, *Osuwiska i zjawiska pokrewne*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, s. 94.
14. Kowalski W.C., 1988, *Geologia inżynierska*, Wydawnictwa Geologiczne, s. 550.
15. Margielewski W., 2004, Typy przemieszczeń grawitacyjnych mas skalnych w obrębie form osuwiskowych polskich Karpat fliszowych, *Przegląd Geologiczny*, 52 (7), 603-614.
16. Nemčok A., Pašek J., Rybář J., 1972, Classification of landslides and other mass movements. *Rock Mechanics*, 4 (2), 71-78.
17. Piątkowski R., Czarnota-Bojarski R., 1964, *Mechanika gruntów*, Warszawa.
18. Plummer C.C., Carlson D.H., McGearry D., 2007, *Physical Geology*, McGraw Hill, New York, 222-246.
19. Poprawa D., Rączkowski W., 2003, Osuwiska Karpat, *Przegląd Geologiczny*, 51 (8).
20. Rybicki S., Rączkowski W., Wójcik A., 2004, Zjawiska osuwiskowe w Karpatach zagrożeniem dla budownictwa komunikacyjnego, [w:] *Budownictwo tunelowe w Karpatach i jego ekologiczne uwarunkowania*, Seminarium naukowo-techniczne, Krynica 7-8 czerwca 2004, Uczelniane wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, 27-36.
21. Shroder J. F. Jr., Cvercková L., Mulhern K. L., 2005, Slopefailure analysis and classification: Review of a century of effort, *Physical Geography*, v. 26, no. 3, 163-247
22. Varnes D.J., 1978, Slope movement types and processes, [in:] Schuster R., Krizek R. (eds.) *Landslides -Analysis and control*, Transportation Research Board, NRC Washington, D.C., Special Report 176, 12-33.
23. Wójcik A., 1997, Osuwiska w dorzeczu Koszarawy - strukturalne i geomorfologiczne ich uwarunkowania. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 376, 5-42.
24. Wysokiński L., 2006, Ocena stateczności skarp i zboczy, *Instrukcje, Wytyczne, Poradniki*, nr 24/2006, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa.
25. Zêzere J.L., Oliveira S.C., Garda R.A.C., Reis E., 2007, Landslide risk analysis in the area North of Lisbon (Portugal): evaluation of direct and indirect costs resulting from a motorway disruption by slope movements, *Landslides*, 4, 123-136.
26. Zuber R., Blauth J., 1907, *Katastrofa w Duszatynie*, *Czasopismo Techniczne*, 25, 218-221.

Osuwiska zagrożeniem dla infrastruktury - cz. I

Utworzono: wtorek, 25, sierpień 2009 08:20 Antoni Wójcik, Teresa Mrozek

Materiał/

Rodzaj ruchu