

Morfologiczne skutki ulewy z 31 lipca 2010 r. w Czarnej Górze (Podhale)

Damian Heldak¹, Piotr Lizak¹



D. Heldak

P. Lizak

Morphological effects of downpour of July 31, 2010 in Czarna Góra (Podhale). Prz. Geol., 62: 245–249.

Abstract. The article presents results of two-year study that included mapping of Czarna Góra (Podhale region, Carpathians), especially in local watercourses and dirt roads after the downpour of July 31, 2010. The field research shows that sudden morphological processes were induced as a result of intense rain (debris flow, which was triggered in a road cut and many shallow and small landslides in local stream valleys). The study presents results of mapping new landforms after the downpour. Because no earlier landforms of similar origin have been found in this area, it can be concluded that the event had a unique character.

Keywords: downpour, Podhale, mapping, landslide, debris flow, road cut

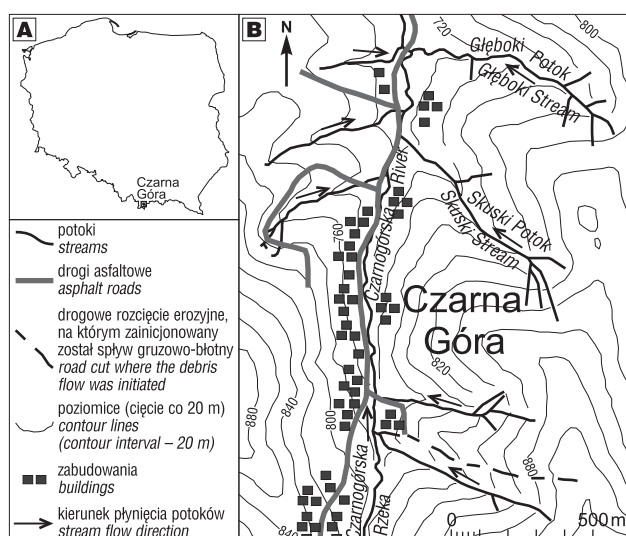
Gwałtowne zjawiska pogodowe od zawsze niepokoiły ludzkość, ale równocześnie też ją interesowały. Także i dziś są one groźne dla człowieka, a zarazem modyfikują lokalnie stan warunków środowiska naturalnego (Kijowska, 2011). Przykładem takiego zjawiska, które pociągnęło za sobą skutki morfologiczne, była gwałtowna ulewa w dniu 31 lipca 2010 r. w Czarnej Górze na Podhalu. Niniejszy artykuł zawiera opis morfologicznych następstw tej ulewy, a zwłaszcza uruchomionego w jej wyniku spływu gruzowo-błotnego.

Teren badań obejmował północną część niedużej miejscowości podhalańskiej, Czarnej Góry (49°23'N, 20°08'E), która administracyjnie należy do województwa małopolskiego (powiat tatrzański, gmina Bukowina Tatrzańska). Z kolei na planie jednostek fizycznogeograficznych Karpat obszar ten znajduje się na Pogórzu Spisko-Gubałowskim (Kondracki, 2009). Lokalizację Czarnej Góry przedstawiono na rycinie 1.

Z geologicznego punktu widzenia badany teren położony jest w niecce Podhala (Książkiewicz, 1972), zwanej też synklinorium fliszu podhalańskiego (Mastella i in., 1988). Nieckę wypełnia seria eoceńskich i oligoceńskich skał fliszowych (tzw. osady turbidytowe). Zalegają one na mezozoicznych utworach, z których zbudowane są Tatry (Mizerski, 2009). Mizerski (2009) zaznaczył, że serie fliszowe nie są jednolite, lecz składają się z kilku warstw. Są to warstwy szaflarskie, zakopiańskie, ostryskie i chochołowskie. Właśnie te ostatnie występują w Czarnej Górze.

Mimo niewielkiej, bo liczącej ok. 2,95 km² (pomiar wykonany za pomocą programu Global Mapper 6; w obliczeniach powierzchni pominięto nachylenie terenu) powierzchni obszaru badań występują na nim znaczące różnice w wysokościach bezwzględnych, sięgające 220 m. Warunkują one znaczne nachylenia terenu.

Oś hydrograficzną badanego obszaru stanowi Czarnogórska Rzeka, do której uchodzi siedem mniejszych cieków, z czego tylko dwa są podpisane na mapie topograficznej (Potok Skuski i Głęboki Potok). Czarnogórska Rzeka ma dopływy obustronne, a jej odcinek znajdujący się na badanym terenie jest w miarę wyrównany (jeśli wziąć pod



Ryc. 1. Lokalizacja Czarnej Góry na tle Polski

Fig. 1. Location of Czarna Góra in Poland

uwagę jego ogólną krętość). Taki układ sieci wodnej można więc zaklasyfikować jako dendrytyczny (Mycielska-Dowgiałło i in., 2011). Prawe dopływy dominują nad lewymi pod względem długości i liczebności, dlatego też układ potoków można uznać za asymetryczny (Bajkiewicz-Grabowska & Mikulski, 1996).

Prawe dopływy płyną wyraźnie wykształconymi dolinami wciosowymi, które są zalesione, głównie świerkami. Występują w nich lokalnie przewieszane zbocza oraz liczne progi skalne o wysokości do 2 m.

Inny charakter mają lewe dopływy – są to doliny potoków płynących okresowo.

Drogi pełnią ważną funkcję komunikacyjną, ale oprócz tej pierwotnej funkcji w czasie intensywnych opadów odgrywają także rolę koryt potoków (Krocak, 2010) i dostarczają zwietrzliny do głównych koryt (Froehlich & Stupik, 1986). W granicach terenu badań ogólna długość dróg polnych wynosi 23,42 km, w tym 2,55 km to drogi polne

¹ Instytut Geografii, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków; damian.heldak@gmail.com, piotrek.lizak@gmail.com.

tworzące wąwozy lub jary (pomiar wykonany w programie ILWIS 3.4). Daje to średnio 7,94 km dróg/km².

CEL PRACY, METODY BADAŃ

Celem badań było określenie morfologicznych skutków ulewy z dnia 31 lipca 2010 r. w Czarnej Górze, ze szczególnym uwzględnieniem następstw spływu gruzowo-błotnego i zmian zachodzących w korytach potoków.

Zadanie realizowano z zastosowaniem standardowych w geografii fizycznej metod. Podstawową z nich było szczegółowe kartowanie geomorfologiczne, przeprowadzone po ulewie. W jego wyniku zidentyfikowano formy nowo powstałe, określono ich typ (erozyjne, akumulacyjne) oraz ilość. Istotne znaczenie dla celów pracy miały również szacunkowe pomiary kubatury materiału skalnego zdeponowanego przez spływ i ustalenie samej formy jego depozycji. Pomocne były też rozmowy z mieszkańcami Czarnej Góry (wywiady).

W Czarnej Górze nie ma stacji opadowej, a więc nie ma także żadnego zamontowanego na stałe pluwiometru. W związku z tym, aby określić wielkość opadu, skorzystano z ekspertyzy przygotowanej przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). Jej zakres objął rozkład czasowy i wysokość opadu w dniu 31 lipca 2010 r. w rejonie Czarnej Góry. W ekspertyzie zwrócono również uwagę na ilość dni z opadem bezpośrednio przed 31 lipca 2010 r. Dane z IMGW porównano z zawartymi w literaturze informacjami na temat meteorologicznych uwarunkowań spływów gruzowo-błotnych.

WYNIKI BADAŃ

Charakterystyka opadu z 31 lipca 2010 r. w Czarnej Górze

Z powodu braku w Czarnej Górze stacji meteorologicznej oraz posterunku opadowego nie da się ze 100-procentową pewnością określić wielkości opadu, który ze swojej natury jest nieciągły przestrzennie (Stach, 2007). Można oprzeć się na danych opadowych z najbliższej stacji, która w tym przypadku znajduje się w Białce Tatrzańskiej i jest oddalona o kilka kilometrów od miejsca badań. Jednak i tu pojawiło się zastrzeżenie – w tym dniu nad Podhalem przechodziły gwałtowne burze, więc opady były bardzo nierównomierne, a ich intensywność bardzo zmienna w czasie i przestrzeni, ze względu na komórkowość tych procesów.

Z danych IMGW wynika, że 31 lipca 2010 r. w Białce Tatrzańskiej spadło 18,8 mm deszczu, z czego 16,5 mm w godz. 16–22. Maksimum opadu w ciągu godziny przypadło na godz. 17–18, kiedy spadło 6,1 mm deszczu. W ekspertyzie znalazła się także informacja, że deszcz w tym regionie padał przez 15 dni z rzędu (od 17 lipca, z wyjątkiem 22 lipca), a 31 lipca był ostatnim dniem opadów.

Dyskusja nad danymi z ekspertyzy IMGW w świetle obserwacji meteorologicznych i hydrologicznych w Czarnej Górze oraz wpływu opadu na wielkość erozji według innych badaczy

Danych otrzymanych z IMGW nie można traktować jednoznacznie jako zgodnych z opadem w Czarnej Górze,



Ryc. 2. Obejścia miejscowych domów bezpośrednio po spływie gruzowo-błotnym w Czarnej Górze 31 lipca 2010 r. Wszystkie fot. D. Heldak

Fig. 2. Surroundings of local houses immediately after debris flow in Czarna Góra, July 31, 2010. All photos by D. Heldak

jakkolwiek różnice mogą być większe lub mniejsze. Podjęto próbę wskazania i udowodnienia, że opad musiał być znacznie większy od podanego w ekspertyzie. Źródła wskazujących na to przesłanki podano w punktach 1–6.

1. Dokumentacja w literaturze.
2. Mapa pod redakcją Starkla (1997), która ilustruje, jak bardzo opady są zmiennie przestrzennie w czasie burzy. Widać na niej, że w odległości rzędu 2–4 km różnice w wysokości opadu są już niezwykle znaczące. Na ten problem zwrócił uwagę także Stach (2007).
3. Pochodzące z pracy Słupika (1973) sformułowanie: „Opad deszczu mniejszy od 20 mm może spowodować tylko minimalny spływ powierzchniowy, który nie zaznaczy się wezbraniem nawet w małej zlewni”. W Czarnej Górze natomiast już w czasie opadu poziom Czarnogórskiej Rzeki podniósł się do poziomu ok. 250 cm, a jej wody wylały się z koryta.
4. Obserwacje skutków geomorfologicznych, jakie nastąpiły po ulewie w Czarnej Górze.
5. Obserwacje skutków morfologicznych, a także przykłady z literatury, z których również wynika, że opad mógł być większy od podanego w ekspertyzie IMGW (18,8 mm). Jednym ze skutków ulewy był spływ gruzowo-błotny (ryc. 2). Według Migonia (2008) do wystąpienia tego typu zjawiska w Tatrach potrzebny jest opad rzędu co najmniej 30 mm/h (w Karkonoszach 15 mm/h). W niektórych opracowaniach podawane są jeszcze inne wartości, np. trzydniowy opad rzędu 200–250 mm lub dwugodzinna ulewa z opadem powyżej 100 mm (Ziętara, 1999). Tak więc podany w ekspertyzie IMGW maksymalny opad w ciągu godziny wynoszący 6,1 mm jest w tym świetle niewystarczający, co oznacza, że natężenie opadu w Czarnej Górze musiało być znacznie większe.

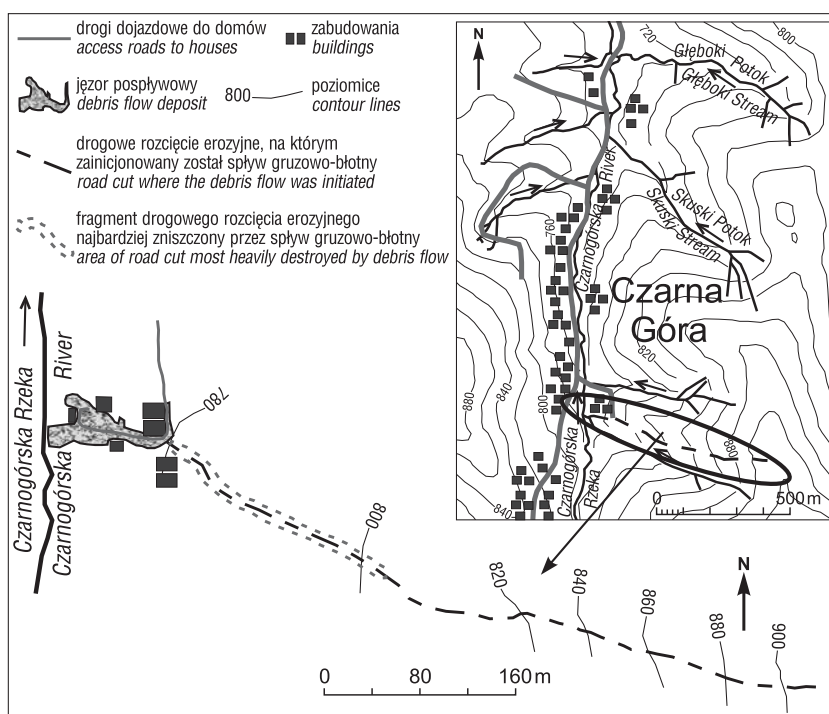
6. Opinie mieszkańców. Według ich relacji deszcz padał tak intensywnie, że główna droga w Czarnej Górze

w kilka minut została pokryta kilkucentymetrową warstwą spływającej wody. Niektórzy mówili wręcz o „oberwaniu chmury”. Nikt z mieszkańców nie pamiętał, aby w przeszłości lokalny potok podniósł swój poziom tak wysoko, żeby wylał się ze swojego koryta (jak już podano, poziom Czarnogórskiej Rzeki podniósł się do poziomu ok. 250 cm).

7. Wykonane pomiary. W celu weryfikacji danych dotyczących wielkości opadu i jego rzeźbotwórczej roli zaku-piono w lipcu 2011 r. prosty deszczomierz. Już na początku sierpnia 2011 r. spadł deszcz, a wysokość opadu wyniosła 16 mm (a więc niewiele mniej niż podano w ekspertyzie IMGW dotyczącej ulewy z 31 lipca 2010 r.). Przy takim opadzie poziom Czarnogórskiej Rzeki podniósł się do 20 cm, a więc ponad 12-krotnie mniej niż 31 lipca 2010 r. Po kolejnym kartowaniu terenu badań stwierdzono, że po tym opadzie nie doszło do żadnych gwałtownych procesów geomorfologicznych (nie zanotowano powstania nowych form erozyjnych). Świadczy to o tym, że opad z 31 lipca 2010 r. musiał być zdecydowanie wyższy. Ponieważ poziom Czarnogórskiej Rzeki po opadzie w wysokości 16 mm podniósł się do 20 cm, to z czysto matematycznego punktu widzenia do osiągnięcia poziomu 250 cm potrzebny byłby opad w wysokości ok. 200 mm (z pominięciem różnic wynikających ze zdolności absorpcyjnych gruntu w tych dniach i innych czynników mających wpływ na poziom wezbrania w rzekach). Opad w wysokości 200 mm, w świetle przytoczonych wcześniej z literatury wartości (dwugodzinna ulewa w wysokości ponad 100 mm lub minimum 15 mm/h), jest już wystarczający do uruchomienia sływu gruzowo-błotnego, w przeciwieństwie do opadu wynoszącego 18,8 mm, który podano w ekspertyzie IMGW.

Spyw gruzowo-błotny jako skutek gwałtownego opadu

W wyniku ulewy z 31 lipca 2010 r. w Czarnej Górze doszło do uruchomienia dużej ilości zwietrzliny w postaci sływu gruzowo-błotnego. Około godz. 17 lokalnym wciosem drogowym, głębokimi miejscami na 3 m, rozpoczął się sływ wody. Po kilku minutach, jeszcze w trakcie ulewy, duża ilość błota i skał wraz z wodą zaczęła z dużą prędkością przemieszczać się w kierunku Czarnogórskiej Rzeki. Betonowe kanały o średnicy 80 cm, którymi przy wylocie wciosu odpływała woda z drogi, w ciągu kilku minut stały się niedrożne. Masa błota i gruzu sływała nad kanałami w kierunku domów. Okoliczni mieszkańcy próbowali powstrzymać żywioł, m.in. zagradzając drogę wyjazdową z jednego z domów dużym pniem drzewa. Szybko płynąca masa gruzowo-błotna porywała jednak wszystko, co napotkała na swojej drodze. W końcu duża ilość błota z gruzem została zdeponowana na drodze wyjazdowej jednego z domów (ryc. 2), a znaczna jego część zatrzymała się na



Ryc. 3. Mapa lokalizacyjna miejsca wystąpienia sływu gruzowo-błotnego w Czarnej Górze

Fig. 3. Location map of the debris flow in Czarna Góra

okolicznych płotach i na sąsiednich polach. Pokażna ilość materiału dostała się do miejscowego potoku i sływała nim dalej w postaci potoku błotnego. Mapę lokalizacyjną miejsca wystąpienia sływu gruzowo-błotnego przedstawiono na rycinie 3.

Trudno jest oszacować pełną objętość zdeponowanego jezora pospywowego. Z drogi wyjazdowej z jednego z domów usunięto część materiału i złożono go w postaci hałdy. Przyjmując uśrednione wymiary hałdy i kształt połowy elipsoidy obrotowej, uzyskano objętość rzędu 30 m³. Jednak duża ilość gruzu i błota dostała się bezpośrednio do Czarnogórskiej Rzeki i została zdeponowana na okolicznych polach. Tym samym całkowita kubatura materiału przemieszczonego przez sływ gruzowo-błotny była zdecydowanie większa, możliwe, że wyniosła znacznie ponad 100 m³.

Sam materiał zdeponowany w wyniku sływu był bardzo różnorodny. Składał się w przeważającej części z okruchów gruzowych, a przestrzenie pomiędzy odłamkami skał wypełniała drobniejsza frakcja piaszczysto-pylasta. Oprócz nich występowały tam również pojedyncze kawałki drewna (ryc. 2).

Okruchy skalne pochodzące z jezora pospywowego nie miały szczególnie dużych rozmiarów – największy znaleziony miał wymiary 38 × 22,5 × 5 cm i ważył 6,7 kg. Jednak na podstawie jego wielkości i ciężaru nie można wnioskować jednoznacznie o sile transportowej sływu, ponieważ płynąca masa błota i skał była w stanie przenieść bloki skalne o wadze ponad 20 kg z miejscowego skalniaka. Nie bez znaczenia jest też fakt porwania przez płynący potok pnia drzewa ułożonego przez mieszkańców na drodze, który miał zmienić nurt sływu. Według szacunków ważył on ponad 100 kg.



Ryc. 4. Drogowie rozcięcie erozyjne zniszczone przez działalność erozyjną splywu gruzowo-błotnego
Fig. 4. The road's cut surface destroyed by erosional activity of debris flow

Działalność erozyjna splywu spowodowała zniszczenie dna badanego drogowego rozcięcia erozyjnego (ryc. 4). Niemal cała dolna jego część uległa morfologicznemu przekształceniu. Droga miejscami została pogłębiona o ponad 100 cm. Tym samym przez dłuższy czas była ona całkowicie niedostępna dla rolników dojeżdżających do swoich pól.

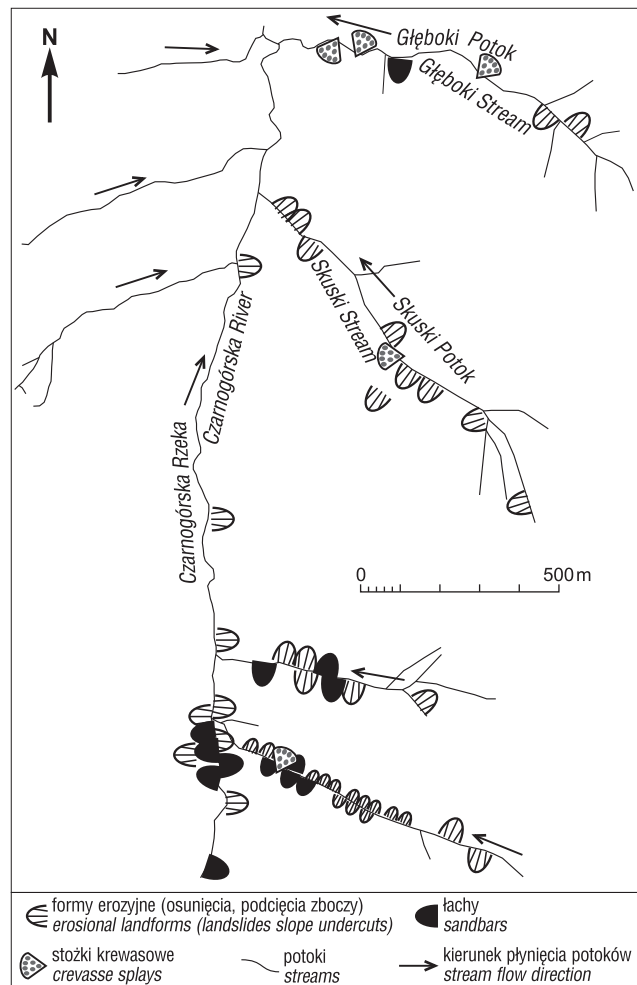
Oprócz erozji wgłębnej intensywna była również erozja boczna; jej działalność polegała na podcinaniu zboczy wciosu, co prowadziło do powstania niewielkich, ale licznych zerw z osiadania.

Zmiany w dolinach miejscowych potoków

W wyniku wezbrania spowodowanego intensywnymi opadami deszczu doszło do znacznego przemodelowania dolin Czarnogórskiej Rzeki i jej dopływów (ryc. 5). Zauważała się wyjątkowa obfitość różnego typu płytkich (do głębokości 1,2 m) ruchów masowych (ryc. 6). Były one inicjowane głównie przez podcięcia wzburzonego nurtu.

Najbardziej przemodelowany został pierwszy z prawych dopływów Czarnogórskiej Rzeki (ryc. 5), który na mapie topograficznej nie ma nazwy. W jego dolinie skartowano 20 nowo powstałych form, z czego 15 miało charakter erozyjny. Największą formę erozyjną utworzyło płytkie osunięcie prawego zbocza tego potoku rozciągające się na długości 23 m. Spośród pięciu skartowanych tam form akumulacyjnych największa była łacha o długości 14 m i wysokości 90 cm.

W Czarnogórskiej Rzece oraz w jej wszystkich pozostałych prawych dopływach również zanotowano powstanie nowych form powebranowych (ryc. 7 – patrz str. 218). W środkowych i dolnych odcinkach tych cieków powstały



Ryc. 5. Szkic geomorfologiczny zmian rzeźby dolin potoków w Czarnej Górze po ulewie z 31 lipca 2010 r.
Fig. 5. Geomorphological sketch of terrain changes in stream valleys at Czarna Góra after the downpour of July 31, 2010



Ryc. 6. Jedno z wielu płytkich podcięć stoków przez potok, które powstały w wyniku ulew z 31 lipca 2010 r.
Fig. 6. One of numerous shallow slope undercuts that developed as a results of downpour of July 31, 2010

stożki krewasowe (zwłaszcza w Głębokim Potoku), będące efektem gwałtownego wezbrania potoków, które powodowało wylewanie się wody poza koryta. Największe stożki krewasowe, w Głębokim Potoku, zajmowały powierzchnię

ponad 100 m². W korytach potoków usypane zostały także liczne łachy – do wysokości 100 cm.

Warte uwagi jest to, że w żadnym spośród lewych dopływów Czarnogórskiej Rzeki nie powstały nowe formy powezbraniowe.

W wyniku kartowania dolin Czarnogórskiej Rzeki i jej dopływów wykazano powstanie w sumie 57 nowych form, z czego 39 (68,4%) stanowiły formy erozyjne. Zanotowano także duże straty w lokalnym drzewostanie (w wyniku ruchów masowych ok. 100 drzew zostało przemieszczonych do koryt potoków).

WNIOSKI

Wyniki badań przeprowadzonych w północnej części Czarnej Góry pozwalają stwierdzić, że gwałtowne opady deszczu spowodowały znaczące przekształcenie rzeźby w tej miejscowości. Do zmian tych należy zaliczyć przede wszystkim: przeobrażenie przez spływ gruzowo-błotny dna drogi polnej, zdeponowanie materiału błotno-skalnego u jej wylotu (ryc. 8 – patrz str. 218) oraz intensywne prze-modelowanie dolin miejscowych potoków. Podczas badań terenowych w dolinach potoków zarejestrowano 57 nowo powstałych form powezbraniowych. Brak starszych elementów rzeźby tego typu w północnej części Czarnej Góry wskazuje, że omawiane zdarzenie było ekstremalne.

Występowanie spływów gruzowo-błotnych dotychczas było kojarzone w Polsce z regionami typowo górskimi, takimi jak Tatry czy Karkonosze. Poczynione obserwacje wskazują, że zjawisko takie może, w sprzyjających warunkach, występować w regionach niżej położonych i o mniejszych deniwelacjach, w strefie pogórza, np. na Podhalu. Tego typu zdarzenia mają tam jednak charakter epizodyczny.

Autorzy dziękują mieszkańcom Czarnej Góry za udzielone informacje i chęć współpracy oraz nade wszystko Józefowi Kukulakowi i recenzentowi, Januszowi Badurze, za cenne wska-

zówki metodyczne, terminologiczne i merytoryczne przy opracowywaniu niniejszej pracy.

LITERATURA

- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E. & MIKULSKI Z. 1996 – Hydrologia ogólna. PWN, Warszawa: 69.
- FROELICH W. & SŁUPIK J. 1986 – Rola dróg w kształtowaniu spływu i erozji w karpaccich zlewniach fliszowych. *Prz. Geogr.*, 58: 67–87.
- KIJOWSKA M. 2011 – The role of downpours in transformation of slopes in the Polish Carpathian Foothills. *Stud. Geomorphol. Carpatho-Balcanica*, 45: 69–87.
- KONDRACKI J. 2009 – Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 357–358.
- KROZAK R. 2010 – Wpływ dróg polnych na kształtowanie linii odpływu powierzchniowego na przykładzie zlewni Zalasówki (Pogórze Ciężkowickie). [W:] Ciupa T. & Suligowski R. (red.) *Woda w badaniach geograficznych*. Inst. Geogr. Univ. Jana Kochanow., Kielce: 329–334.
- KSIĄŻKIEWICZ M. (red.) 1972 – Budowa geologiczna Polski, t. 4, Tektonika, cz. 3, Karpaty. Wyd. Geol., Warszawa: 58–62.
- MASTELLA L., OZIMKOWSKI W. & SZCZĘSNY R. 1988 – Tektonika północno-zachodniej części fliszu podhalańskiego. *Prz. Geol.*, 36: 566–572.
- MIGOŃ P. 2008 – Geomorfologia. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 220–221.
- MIZERSKI W. 2009 – Geologia Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 216–220.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., KOROTAJ-KOKOSZCZYŃSKA M., SMOLSKA E. & RUTKOWSKI J. 2011 – Geomorfologia dynamiczna i stosowana. *Wyd. Geogr. Stud. Reg. Univ. Warszaw.*, Warszawa: 41–68, 82–86.
- SŁUPIK J. 1973 – Zróżnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich. *Dok. Geogr.*, 2: 1–118.
- STACH A. 2007 – Zmienność czasowa struktury przestrzennej maksymalnych sum dobowych opadów. *Monit. Środ. Przyr.*, 8: 73–90.
- STARKEL L. 1997 – Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku). *Dok. Geogr.*, 8: 38–42, 54–62, 101–102.
- ZIĘTARA T. 1999 – Wpływ procesów stokowych na procesy fluwialne w czasie gwałtownych ulew i powodzi na przykładzie dorzecza Soły. [W:] Chełmicki W. & Pociask-Karteczka J. (red.) *Interdyscyplinarność w badaniach dorzecza*. Inst. Geogr. Univ. Jagiell., Kraków: 231–243.

Praca wpłynęła do redakcji 10.06.2013 r.

Akceptowano do druku 3.09.2013 r.

**Morfologiczne skutki ulewy z 31 lipca 2010 r. w Czarnej Górze (Podhale)
(patrz str. 245)**

Morphological effects of downpour of July 31, 2010 in Czarna Góra (Podhale) (see p. 245)



Ryc. 7. Osuwisko w Skuskim Potoku będące skutkiem ulewy z 31 lipca 2010 r. w Czarnej Górze. Fot. D. Hełdak
Fig. 7. Skuski Stream – landslide resulted from downpour of July 31, 2010 in Czarna Góra. Photo by D. Hełdak



Ryc. 8. Fragment jezora pospylowego powstałego w wyniku ulewy z 31 lipca 2010 r. w Czarnej Górze. Fot. Z. Bukowska
Fig. 8. The part of debris flow deposit that developed as a results of downpour of July 31, 2010 in Czarna Góra. Photo by Z. Bukowska