

EROZJA GLEBY A GOSPODARKA WODNA W KARPATACH

Leszek Starkel

Zakład Geografii Fizycznej w Krakowie
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN

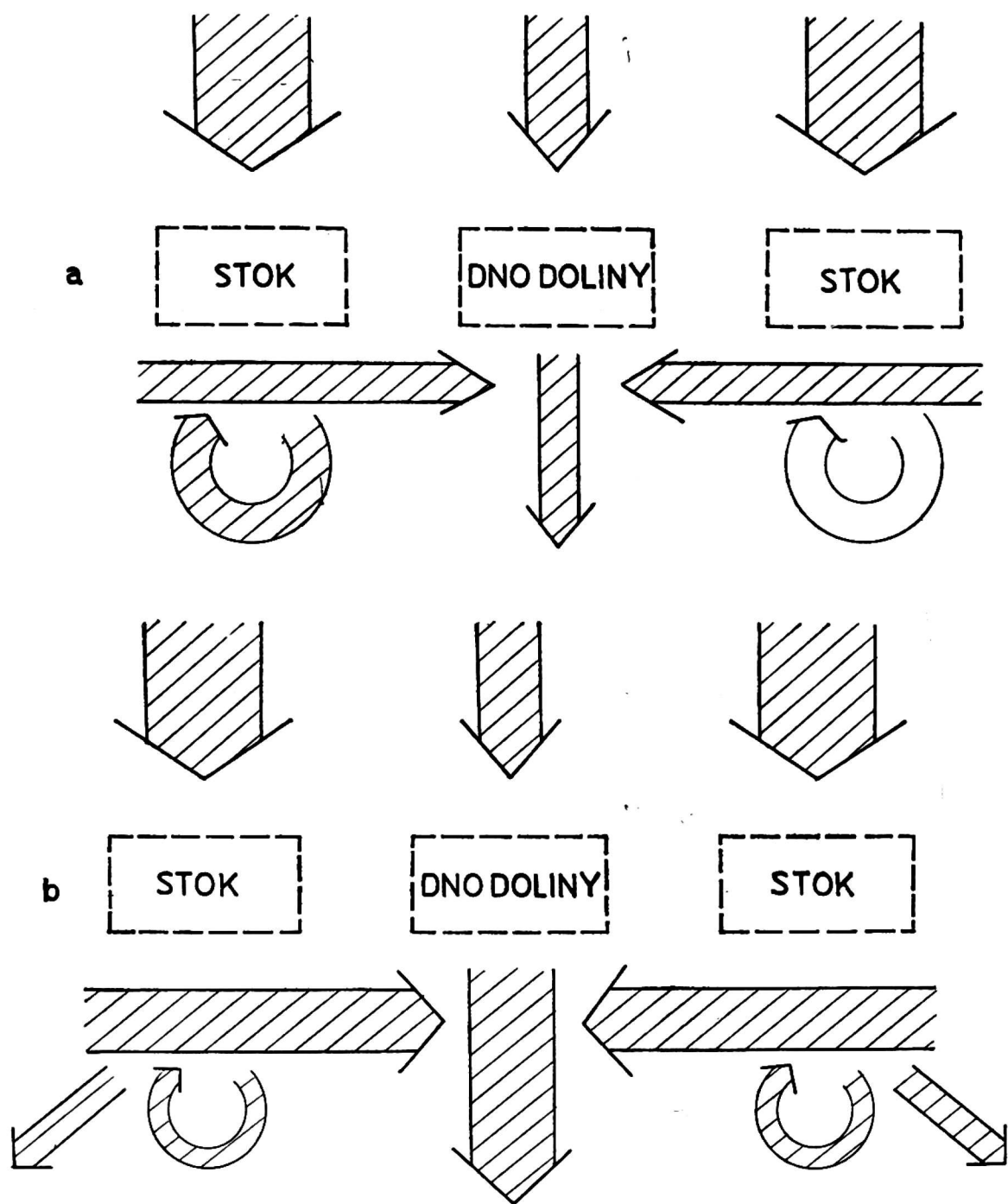
WSTĘP

Erozja gleb jest pojęciem zbiorowym, obejmującym zespół procesów naturalnych, kształtujących zarówno stoki jak i dna dolin i może być traktowana jako synonim denudacji w geomorfologii. Głównym motorem przemian rzeźby obszaru górskiego jest krążenie wody. Woda jest nośnikiem energii i równocześnie przemieszczanych substancji mineralnych i organicznych. Dlatego o erozji w górach i zapobieganiu jej możemy mówić jedynie w ścisłym związku z obiegiem wody i gospodarką wodną.

Niniejsze opracowanie jest rozszerzeniem tez przedstawionych na sympozjum na temat „Wpływ melioracji wodnych na środowisko geograficzne” [27]. Podstawowym źródłem informacji są wyniki badań zespołu pracowników Zakładu Geografii Fizycznej IG i PZ PAN w Krakowie oraz Stacji Naukowo-Badawczej IG i PZ PAN w Szymbarku, prowadzonych na obszarze Karpat. Celem tych badań jest poznanie mechanizmu, natężenia i rocznego oraz wieloletniego rytmu procesów kształtujących stoki i dna dolin górskich w warunkach różnego typu środowiska, i różnego typu użytkowania ziemi.

ODRĘBNOŚĆ OBIEGU ENERGII I MATERII W GÓRACH

Podstawową cechą różniącą obszar górski od nizinnego jest przyspieszenie obiegu energii i materii w górach. Wiąże się to z występowaniem dwóch podsystemów: stokowego i den dolin, które wzajemnie się regulują, a równocześnie odprowadzają nadwyżki energii, substancji mineralnych i organicznych poza obręb stoków, a często w ogóle poza obręb gór. Cechą podsystemu stokowego jest stałe przemieszczanie substancji w dół stoku zgodnie z prawem grawitacji [29]. Dotyczy to nie tylko wody i materiału erodowanego, ale także mas powietrza, które wykazują wewnętrzną



Rys. 1. Uproszczony schemat: *a* — krążenia energii i materii w obrębie geosystemów stoków i den dolin górskich w warunkach naturalnych, *b* — w warunkach zmienionych przez gospodarke człowieka *

cyrkulację w obrębie dolin (rys. 1). Na stokach najbardziej ruchliwym elementem jest woda. Nie tylko infiltruje, spływa i drenuje stoki, ale równocześnie odprowadza substancje mineralne i organiczne poprzez ługowanie, wymywanie powierzchniowe (spłukiwanie) lub podziemne (sufozję), wreszcie skoncentrowana w rynnach naturalnych i sztucznych eroduje liniźnie, a nasycając gleby całej pokrywy zwietrzelinowej na stokach, a nawet głębiej leżące skały jest przyczyną ich upłynniania, uplastycznienia

* To co w warunkach naturalnych było „konsumowane” na miejscu i prowadziło do dojrzwania i pewnej stabilizacji geo- czy ekosystemu, w warunkach gospodarki człowieka jest w znacznym procencie odprowadzane ze stoków dnami dolin lub zabierane z obiegu (produkcja rolna, leśna) [29].

nia czy wprost przeciążenia — prowadzących do ruchów masowych różnego typu. Im większe nachylenie stoku, tym większe jest zagrożenie erozyjne przez przyspieszony spływ wody, choć z drugiej strony na ogół bardziej gruboziarnisty skład pokryw spełnia rolę ochronną na stromiznach i często prowadzi do inwersji w natężeniu procesów rzeźbotwórczych [21]. Podsystem den dolin odprowadza wodę i materiał wyniesiony ze stoków; częściowo w jego obrębie następuje depozycja (bezpośrednio u stóp stoków lub w czasie powodzi w obrębie całego dna), a częściowo woda odpływa poza obręb gór, niosąc ze sobą materiał rozpuszczony i zawieszony. Podsystem den dolin ma jednak zasadniczo charakter tranzytowy, gdyż nawet magazynowane w jego obrębie wody gruntowe odprowadzane są w czasie niżówek, a deponowany materiał mineralny podejmowany jest w czasie kolejnych wezbrań z brzegów i dna koryta.

Drugą cechą gór jest występowanie wyższych opadów w porównaniu z obszarem otaczającym, co jest nie tylko wynikiem obserwowanego wzrostu opadów z wysokością n.p.m., ale również wiąże się ze spełnianiem przez góry roli bariery dla wilgotnych mas powietrza. Dlatego wystawione na wiatry deszczonośne skłony Zachodnich Beskidów otrzymują znacznie wyższe opady (1000-1500 mm) niż skłony, kotliny i niższe pasma leżące w ich cieniu. Zaznacza się to szczególnie wyraźnie w czasie opadów rozlewnych, wywołujących powodzie [18].

Trzecią cechą gór jest zróżnicowanie piętrowe zjawisk, uwarunkowane nie tylko piętrowością termiczną i wysokością opadów, ale także typem rzeźby i budowy geologicznej na ogół odmiennej w wysokich partiach gór. Dlatego podsystemy stoków górskich w obszarach Tatr czy nawet wyższych partii Beskidów o większych deniwelacjach wykazują większą złożoność w profilu podłużnym, inne parametry hydrologiczne, inne natężenie i zespół procesów morfologicznych [9, 14, 17]. Jedną z zasadniczych cech piętrowego układu w górach jest czas trwania pór roku i wyraźne opóźnienie występowania roztopów i towarzyszących zjawisk, gdy postępujemy w górę stoków.

PRZYSPIESZENIE OBIEGU ENERGII I MATERII PRZEZ CZŁOWIEKA

Procesy obiegu wody i denudacji powierzchni w warunkach naturalnych w Polskich Karpatach były zasadniczo w równowadze — jak o tym pouczają obserwacje w obszarach zalesionych. Oznacza to, że ekosystemy leśne przyjmujące opady rozprowadzały je, prowadząc do infiltracji, procesów ługowania i rozwoju miąższowych serii glebowych, do wysokiej ewapotranspiracji i produkcji biomasy. Jedynie niewysokie nadwyżki były odprowadzane przez odpływ niżówkowy i w czasie wezbrań wywołanych opadami wylewnymi. Substancja organiczna była przerabiana na miejscu.

Denudacja stoków, jak o tym pouczają obserwacje Gerlacha [8, 10] i Gila [11], była minimalna, znacznie większe były przekształcenia w dnach dolin, nawiązujące do wezbrań w wyniku opadów rozlewnych [28].

Zasadnicze zmiany zostały wywołane przez wylesienie, a następnie uprawę roli i powstanie sieci dróg — rynien drenażowych na stokach (rys. 1). Opady (poza wychwytyjącymi mgłą opadami poziomymi) nie ulegały zasadniczej zmianie. Natomiast wzrósł przyspieszony spływ powierzchniowy na niekorzyść infiltracji i spływu śródpokrywowego, co pociągnęło za sobą wzrost denudacji powierzchniowej (spłukiwania, spływów glebowych, w okresach suchych deflacji) [21]. Zmniejszyła się równocześnie ilość zasobów dyspozycyjnych dla roślin, spadła produkcja biomasy, częściowo odprowadzanej poza system przez zbiory upraw i eksploatację drewna. Zmiany na stokach wywołały wzrost dostawy wody do koryt, a równocześnie rumowiska, tak dostarczanego jak też uruchamianego w korycie w czasie częstszych wezbrań.

WARUNKI WYSTĘPOWANIA EROZJI GLEB W KARPATACH FLISZOWYCH

Możliwości występowania jak i natężenia oraz częstotliwości erozji gleb w Karpatach fliszowych (wyłączam obszar wysokogórski) zależą od czterech podstawowych parametrów: litologii i cech fizycznych podłoża, rzeźby terenu, użytkowania ziemi i ilości wody dostarczanej przez opady. Wpływowi poszczególnych parametrów poświęcono wiele prac badawczych i eksperymentów; stosunkowo najslabiej poznana jest rola charakteru opadów i dróg infiltracji i spływu wody.

Podłoże fliszowe i leżące na nim różne genetycznie pokrywy (zwietrzelinowe, koluwialne, deluwialne, aluwialne, lessowe i in.) cechuje duża mozaikowość cech fizycznych [1]. Największy kontrast rysuje się pomiędzy szkieletowymi pokrywami na odporniejszych piaskowcach magurskich, godulskich, ciężkowickich, chłonących wodę jak gąbka (średnia wielkość infiltracji na stoku leśnym w Szymbarku wynosi 46 mm/min [21], a pylastymi i ilastymi pokrywami zwietrzelinowymi na seriach łożupkowych i lessach u brzegu Pogórza, które powoli przyjmują i powoli oddają wodę. Pośrednie miejsce zajmują pylasto-piaszczyste serie zwietrzelin warstw krośnieńskich i in., które stosunkowo łatwo chłoną wodę, która może spływać na kontakcie z litą skałą (średnia wielkość infiltracji na stoku pastwiskowym na łożupkowo-piaskowcowych warstwach inoceramicznych w Szymbarku wynosi tylko 0,5 mm/min).

Typ litologii warunkując typ krążenia wody w pokrywach wpływa pośrednio na rodzaj procesów denudacyjnych. Obok powszechnego ługowania na łożupkach częstsze są płytkie spływy glebowe i osuwiska ziemne, na rozsypliwych piaskowcach i mułowcach spłukiwanie, deflacja i sufozja.

Stosunkowo najslabiej przez głębokie ługowanie, sufozję i rzadkie głębokie ruchy grawitacyjne przekształcone są obszary zbudowane z odpornych piaskowców [25, 26].

Elementem często nawiązującym do litologii podłoża jest w Karpatach fliszowych rzeźba terenu — szczególnie nachylenie stoków oraz szerokości grzbietów i den dolin. Oczywiście, na różnych typach podłoża możemy spotkać stoki o różnym kształcie i nachyleniu, ale ta więz wyraźnie wydobyta w klasyfikacji geosystemów stokowych przez Gila [13], jest wynikiem ewolucji rzeźby Karpat w ciągu milionów lat, w którym to okresie doszło do wypreparowania odpornych skał w postaci grzbietów o stromych stokach. Dlatego często na bardziej stromych stokach ilość wody spływającej jest mniejsza (mimo znaczniejszej siły erozyjnej), a w odcinkach wypukłych profilu stoku dochodzi nawet do akumulacji deluwiiów w wyniku zwiększonej infiltracji (jeden ze stoków badanych w Jaworkach [8]).

Najistotniejszą rolę w denudacji gleb odgrywa użytkowanie ziemi. Szczególną rolę odgrywa odsłonięcie powierzchni gleby z roślinności na bezpośrednie działanie opadu. Już sama bombardująca rola kropel deszczu może być istotna, jak to wykazał Gerlach [10]. W okresie 2,5 miesięcy letnich w przeliczeniu na hektar przemieszczone zostało poprzez rozbryzg na polu ornym 136 kg, a pod okapem lasu dolnoregłowego po wygrabieniu ściółki 638 kg.

Spłukiwanie na gruntach ornym jest o kilka rzędów większe — szczególnie w czasie ulew i roztopów przy przemarzniętym podłożu [11] — niż w lasach (tab. 1). Użytki zielone zajmują miejsce pośrednie. Szczególnie katastrofalne bywają zmiany na polach z uprawą roślin okopowych, gdzie dochodzi nawet do upłynniania wierzchniej, ornej warstwy gleby [6, 11]. Użytkowanie ziemi odgrywa istotną rolę również w przypadku innego procesu — deflacji, o szczególnym natężeniu w okresie zimowym, gdy wiatr wysusza, a mróz rozbija zwięzłość gleby. Na przykład pomiary depozycji eolicznej na stoku zawietrznym w Dołach Jasielsko-Sanockich wykazały wartości sięgające 218 t/ha w ciągu zimy, a średnia roczna depozycja szacowana jest tam na 10 mm przyrostu [10].

W wyniku zmiany użytkowania wzrosła również częstotliwość występowania osuwisk ziemnych, pojawiły się płytkie spływy i zerwy glebowe oraz spelżywanie warstwy darniowej, nie odgrywającej w warunkach zalesienia żadnej istotnej roli w modelowaniu stoków. Natomiast procesem, który uległ stosunkowo niewielkim zmianom, jest ługowanie chemiczne przez wodę infiltrującą i spływającą podziemnie, która np. ze zlewni Bystrzanki w rejonie Szymbarku odprowadza 75—110 t/km²/rok składników chemicznych [31], a ze zlewni Kamienicy Nawojowskiej 70—136 t/km² [7]. Jak szacuje Welc, wielkości te uległy w wyniku gospo-

Tabela 1

Użytkowanie ziemi a denudacja

Obszar (poz. literatury)	Użytkowanie	Splukiwanie kg/ha	Wskaźnik denudacji gleb mm
Jaworki [8]	łąka — średnia roczna	6,40	0,0002
	pastwisko — średnia roczna	30,07	0,0012
	ugór — zima 1955/56	11,50	0,00046
	ziemniaki — zima 1955/56	63 195,00	2,5
Jaszcze [10]	las — S wystawa	3,96	0,00016
	las — N wystawa	9,60	0,00038
Szymbark (poletka) [11]	las — 1969 r.	0,083	0,00003
	pastwisko — 1969 r.	30,8	0,0012
	łąka — 1969 r.	69,0	0,0028
	zboże — 1969 r.	108,0	0,0043
	okopowe — 1969 r.	74 241,0	2,97

darki człowieka stosunkowo nieznacznemu wzrostowi — udział nawozów sztucznych sięga kilkunastu t/km², a aerosoli spadających wraz z opadem 10 t/km².

Obok procesów działających powierzchniowo istotną rolę odgrywa gęstość sieci dróg ukierunkowujących liniowy spływ powierzchniowy i rozcinających zbiorniki wód gruntowych [10, 22], co jest obecnie przedmiotem szczegółowych badań w dorzeczu Homerki.

Zmiany użytkowania ziemi w zlewniach rzek górskich doprowadziły zarówno do przyspieszenia spływu, wzrostu fali powodziowej i jej siły erozyjnej, jak też zmiany udziału poszczególnych składowych transportu [6, 7]. Transport zawiesiny w małych zlewniach często wielokrotnie przekroczył w latach wilgotnych ilość materiału odprowadzonego w roztworze (np. w zlewni Bystrzanki 17-krotnie w 1973 r. [31]). Zmiany te doprowadziły do pogłębienia koryt rzecznych, a na obszarze pogórza do równoczesnego nadbudowywania równiny zalewowej madami [16]. Dalsze istotne zmiany spowodowały: regulacja koryt, eksploatacja żwirów z koryta oraz budowa zbiorników, wywołująca akumulację powyżej i erozję niedociążonych rzek poniżej zapór.

Procesy erozji gleb na stokach i zmiany w korytach rzeki zależą w istotny sposób od czynnika sprawczego: od wysokości, czasu trwania i natężenia opadów oraz warunkowanych także przez swe wielkości spływu powierzchniowego i śródpokrywowego. Zagadnieniom tym poświęcono wiele uwagi w badaniach Stacji Naukowej w Szymbarku [3, 11, 21, 32].

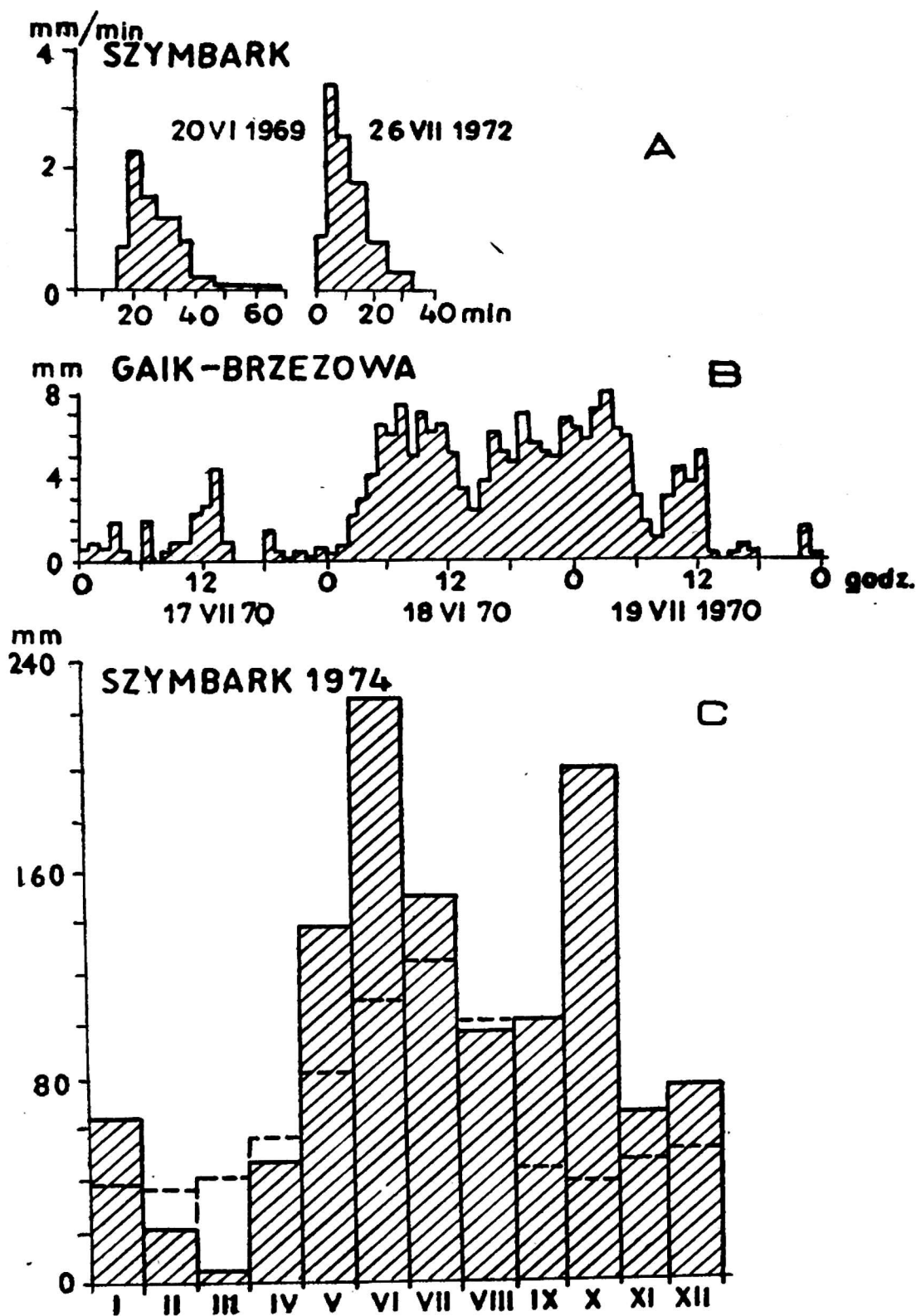
TYPY OPADÓW I ZWIĄZEK Z NIMI CHARAKTERU SPŁYWU
I EROZJI GLEB

Dla zrozumienia różnicowania procesów degradacji gleb postępującej poprzez zaburzenia obiegu wody w zlewniach szczególne znaczenie ma wnikliwa analiza typu i charakteru opadów w różnych porach roku, a w półroczu zimowym także przebiegu narastania i tania pokrywy śnieżnej.

Rozkład opadów ma szczególną wagę w miesiącach letnich w czasie okresu wegetacyjnego. Obliczenia Wit-Jóźwik [32] dla stacji Szymbark oparte na szczegółowej analizie pluwiogramów wskazują, że w miesiącach V-IX dla lat 1969-1973 opady o wysokości 0,1-5,0 mm stanowiły łącznie 16,6% sumy opadu, a opady o wysokości powyżej 20 mm — 46% sumy. Wśród opadów o różnym natężeniu aż 75% stanowią opady o natężeniu do 0,9 mm/min. Ze względu na warunki spływu obok zróżnicowanych termicznie i hydrologicznie roztopów [12] istotną rolę odgrywają 3 typy opadów o różnym natężeniu i czasie trwania: krótkotrwałe opady burzowe, długotrwałe opady rozlewne i „pory deszczowe”, obejmujące całe miesiące, a nawet pory roku (rys. 2, 3) [28].

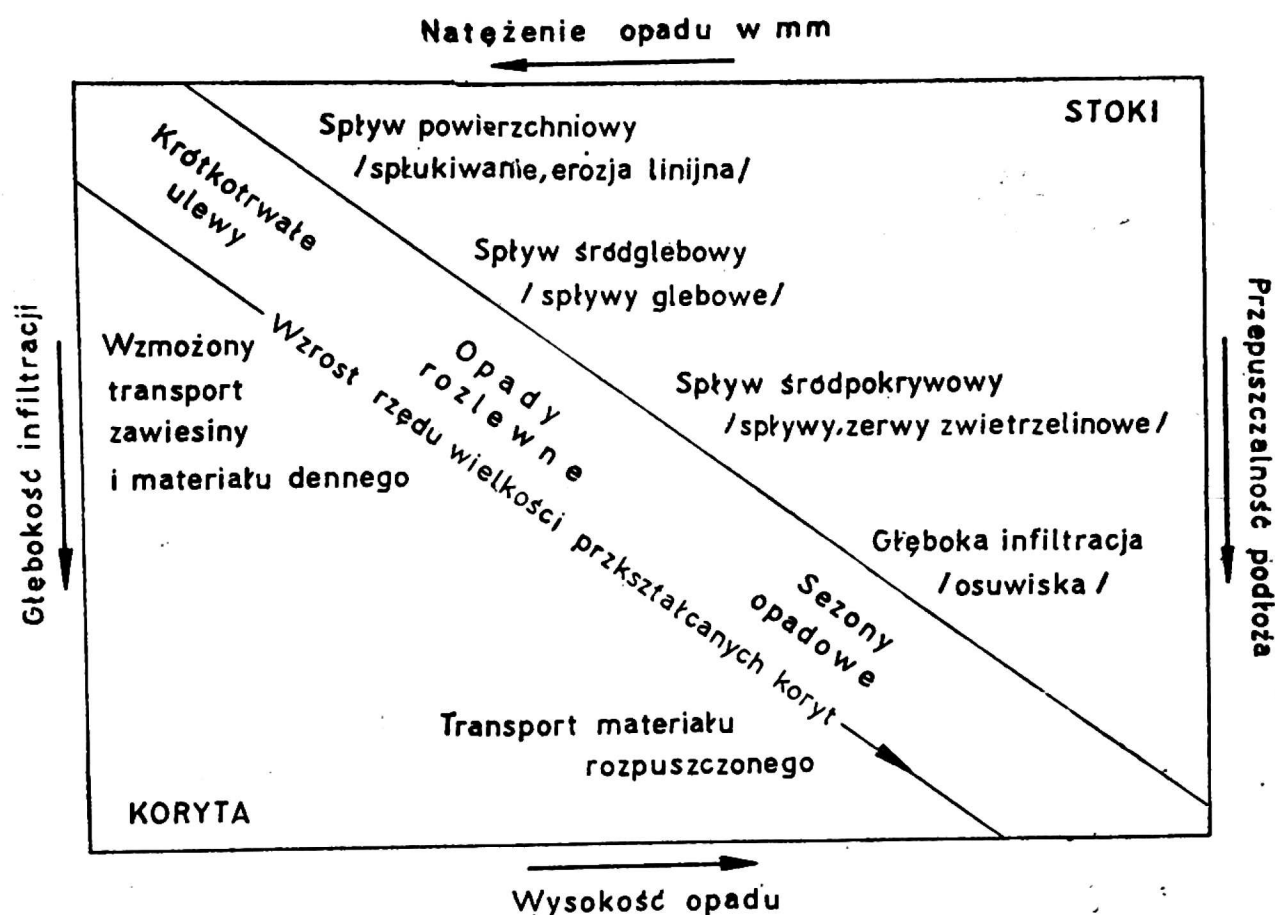
Krótkotrwałe opady ulewne typu burzowego osiągają w Karpatach wysokości 40-100 mm (np. czerwcowa ulewa w Zakopanem w 1977 r.), a ich maksymalne natężenia notowane w Szymbarku sięgają 2-3 mm/min. Cechą tych opadów jest duże natężenie na samym początku, zasklepiające powierzchnię gleby i zatrzymujące powietrze w glebie, co w rezultacie utrudnia infiltrację. Efektem takiej ulewy jest spływ powierzchniowy i intensywne splukiwanie, szczególnie na uprawach okopowych (tab. 2). Przy zatrzymywaniu wody na stokach bardziej stromych może dochodzić do upłynnienia warstwy ornej. Dużą rolę odgrywa również spływ drogami. Odbiciem lokalnych ulew wg badań Froehlich [7] i Soji [23] są lokalne zmiany w korycie, jak również wzmożony transport zawiesiny, który jest w stanie odprowadzić nawet ponad 10 t z 1 km² zlewni.

Inny charakter mają opady rozlewne, występujące co kilka lat w Karpatach (rys. 2, 3). W czasie 2-5 dni spada wówczas 150-500 mm, przy czym maksymalne natężenia godzinowe na ogół nie przekraczają 5-10 mm/godz. Efektem tego typu jest infiltracja w glebę, spływ śródpokrywowy, a co za tym idzie spływ i zerwy grawitacyjne [30], tworzenie kanałów sufozyjnych, a stosunkowo w małym stopniu splukiwanie powierzchniowe. Jak wykazały badania w Szymbarku, a także obserwacje Waksmundzkiego w Beskidzie Śląskim [2] las zatrzymuje wodę do pewnych granic — po kilkudziesięciu godzinach na ogół ją oddaje i to dość gwałtownie. Wpływa na to również sieć dróg przyspieszających odprowadzenie wody z pokryw do koryt. Opady rozlewne są przyczyną powodzi w dnach dolin karpac-



Rys. 2. Przykład różnych typów opadów w Karpatach, wywołujących różne typy denudacji gleb i ekstremalne zjawiska hydrologiczne

A — krótkotrwałe ulewy w Szymbarku (wg materiałów stacji), B — opad rozlewny w Gaiku koło Dobczyc [18], C — lato i jesień 1974 r. w Szymbarku z wysokimi opadami, które wywołały długotrwały spływ śródpokrywowy i rozwój osuwisk (wg materiałów stacji). Linia przerywaną podano wartości średnie za lata 1954-1970



Rys. 3. Zależność typu procesów degradacji stosunków i transportu w korytach od natężenia i wysokości opadów oraz głębokości infiltracji

kich, obejmujących często szereg rzek ze względu na regionalny charakter opadów. W czasie tych powodzi przenoszone są największe ilości materiału zawieszony, np. powódź w lipcu 1970 r. wyniosła z dorzecza Kamienicy Nawojowskiej 263 tys. t, tj. 92% rocznego ładunku zawiesiny [7], a także cały niemal materiał wleczony (stanowiący jedynie kilka pro-

Tabela 2

Sptyw i spłukiwanie w czasie deszczów ulewnych i rozlewnych [11, 21]

	Ulewa 20 VI 1969				Opad rozlewny 15-18 VIII 1969			
	ziemniaki	zboża	łąka	las	ziemniaki	ścierisko	łąka	las
Suma opadu	42,0	42,0	42,0	29,0	175,1	175,1	175,1	180,0
Wielkość sptywu w mm	7,4	0,01	0,03	0,01	23,4	17,1	25,3	0,05
Maksymalne natężenie sptywu 1/min.ha	3 700	15	60	<1	848	668	765	1,0
Spłukiwanie w kg/ha	33 000	0,009	0,033	0,01	184,5	32,9	25,6	0,035

cent rumowiska), równocześnie z uruchamianiem którego odbywa się pogłębianie i boczne przesuwanie koryt, względnie ich nadbudowanie łachami kamieńca.

Pory deszczowe spotykane raz na kilkadziesiąt lat charakteryzują się powtarzaniem opadów ciągłych o małym natężeniu, gdy sumy miesięcy letnich czy jesiennych sięgają 200-300 mm. Do takich lat należał osuwiskowy rok 1913 [20], a także 1974, gdy po dżdżystym lecie spadło w październiku w Beskidzie Niskim około 200 mm opadu (rys. 2). Był to praktycznie okres zaniku ewapotranspiracji, a powolna infiltracja umożliwiła nie tylko wzrost ługowania i zwiększenie zasobów wód gruntowych, ale na stokach podatnych na ruchy osuwiskowe uruchomienie wielu mas ziemnych i skalnych. W okresach takich raczej nie obserwujemy wezbrań, jedynie podwyższone stany wody, w czasie których niesione są wielkie ilości materiału rozpuszczonego i okresowo większe ładunki zawiesiny.

Z przeglądu typów opadów wynika, że szczególną rolę w erozji gleb odgrywają opady o charakterze ekstremalnym, albo ze względu na natężenie, albo wysokość czy czas trwania. Nie bez znaczenia jest również stan gruntu przed okresem opadowym, co gra również istotną rolę podczas roztopów (obecność przemarzniętego podłoża) [6, 12]. Dla zrozumienia mechanizmu procesów istotne znaczenie ma poznanie składowych obiegu wody na stoku, warunkujących możliwość zaistnienia konkretnego procesu [21]. Podstawowym elementem zmieniającym układ obiegu wody jest użytkowanie ziemi, o którym była mowa powyżej (tab. 2).

Równie istotne jest poznanie struktury wewnętrznej odpływu ze zlewni. Niepublikowane materiały Soji z rejonu Szymbarku wskazują, że udział spływu powierzchniowego *sensu stricto* sięga 20%, gdy trwałego gruntowego jedynie 15-20%, a najważniejszym składnikiem jest opóźniony w stosunku do opadu spływ śródpokrywowy (50%, a w zlewniach zalesionych jeszcze więcej).

ZAPOBIEGANIE DENUDACJI GLEB POPRZEZ REGULACJĘ OBIEGU WODY NA STOKU I W KORYCIE

Jeżeli głównym motorem przemian rzeźby i pokrywy glebowej na stokach, a także ukształtowania koryt i równin zalewowych jest zróżnicowany czasowo i przestrzennie obieg wody, a szczególnie jego zaburzenia w czasie zjawisk o charakterze ekstremalnym, to główną drogą zapobiegania erozji gleb jest racjonalne kształtowanie obiegu wody w górach, hamowanie spływu na stokach i wyrównywanie odpływu ze zlewni. Regulacja obiegu wody może być dokonywana poprzez: radykalne ograniczenie gruntów ornych, racjonalne użytkowanie rolnicze, zabiegi melioracyjne odprowadzające wodę.

REGULACJA OBIEGU WODY POPRZEZ RADYKALNE OGRANICZENIE GRUNTÓW ORNYCH

Powiększenie areału lasów i użytków zielonych w górach postulowane od dawna [6, 26] ma różne cele. Jednym z głównych jest zahamowanie erozji gleb i wywołującego ją spływu powierzchniowego. Już obserwacje Reniger [19] w Łukawicy i Gerlacha [8] w Jaworkach koło Szczawnicy zwróciły uwagę na degradowanie gleb na użytkach rolnych. Użytki zielone hamują denudację, ale tylko minimalnie spływ powierzchniowy (tab. 1 i 2).

Równocześnie las jest uważany za użytek chroniący przed powodzią. Obszary leśne w Karpatach są jednak skoncentrowane na stokach stromych okrytych rumoszewymi pokrywami łatwo chłonącymi, ale i łatwo oddającymi wodę. Las zapobiega więc wezbraniom do czasu nasycenia pokryw. Wielkie powodzie zarówno w Karpatach jak i w innych obszarach górskich [28] nie omijają zlewni zalesionych, gdyż są wywołane przez długotrwałe opady ciągłe i spływ śródpokrywowy. Las, oddając z opóźnieniem w dużych ilościach wodę, warunkuje ekstremalne wezbrania w dużych dorzeczach karpackich. Pewne światło rzucają na to pomiary i szacunki przepływów w małych zlewniach koło Szymbarku, gdzie po ulewie rzędu 80 mm [23] w małej zalesionej zlewni spływ jednostkowy sięgał $10 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$, a zatem 20-30% wody musiało być objęte gwałtownym spływem śródpokrywowym.

REGULACJA OBIEGU WODY PRZEZ RACJONALNE UŻYTKOWANIE ROLNICZE

W niżej położonych obszarach górskich, o stokach dostępnych dla uprawy mechanicznej (do $11-12^\circ$), nie można wykluczyć gruntów ornych. Jednak ze względu na natężenia spływu rzędu kilku tysięcy l/min/ha (tab. 2) i rozmiary splukiwania, a nawet możliwości upłynniania całej warstwy ornej [11] niezbędne jest wyłączenie upraw roślin okopowych na bardziej stromych stokach górskich, a znaczne ograniczenia na Pogórzu. Prosty i mało kosztownym zabiegiem jest orka wzdłuż poziomic zamiast z góry na dół, co zapobiega m. in. erozji wąwozowej i zwiększa infiltrację wody w glebie. Równocześnie ten zabieg może mieć liczne ujemne skutki. Obserwowane przypadki „spływania” całych zagonów ziemniaków miały miejsce właśnie przy orce wzdłuż poziomic, która ułatwiła przepojenie wodą warstwy gleby w czasie ulew i jej upłynnienie [6]. Na łagodniejszych stokach o glebach gliniastych zatrzymywanie wody w glebie prowadzi do szybkiego oglejenia, które jest sygnalizowane z wielu spłaszczeń stokowych w okolicy Szymbarku [1].

Drogą pośrednią jest tworzenie na stokach teras śródpolnych, które, jak wykazał Gerlach [8], zatrzymały w rejonie Jaworek ok. 35% natu-

ralnej pokrywy glebowej głównie w dolnej części teras. Na stromych stokach krawędzie teras śródpolnych są jednak niszczone przez zerwy i zsuwy, powstające wskutek przepojenia wodą pokryw.

REGULACJA OBIEGU WODY POPRZECZ MELIORACJE ODPROWADZAJĄCE WODE

Obszar górski wymaga szczególnie wszechstronnej analizy elementów gospodarki wodnej przed rozpoczęciem prac odwadniających. Na ich potrzebę mógłby wskazywać fakt istnienia nadwyżek wody i zdolności przetrwania roślinności w czasie susz krótszych niż na niżu (wg Słupika po 3 tygodniach suszy występuje jeszcze 80 mm wody w 50 cm warstwie gleby), występowanie gleb oglejonych i gwałtowne spływy powierzchniowe wody. Z drugiej strony znane są fakty przesuszenia stoków przez drenowanie, co prowadzi do ryzyka obniżki plonów także w obszarach górskich. Drenowanie przyspiesza spływ śródpokrywowy, który jest w ostateczności bezpośrednią przyczyną tak wielkich wezbrań w dużych rzekach. Dlatego drenowanie stoków górskich w aspekcie ochrony przeciwpowodziowej uważam za zabieg niewskazany. Wyjątek stanowią niektóre obszary osuwiskowe, zagrażające osiedlom lub szlakom komunikacyjnym, uruchamiane najczęściej po opadach rozlewnych [5, 33]. Drenowanie wszystkich osuwisk bez uprzednich szczegółowych badań jest raczej szkodliwe, gdyż na ogół po zmeliorowaniu żyzność w przewodze ilastych lub ilasto-rumoszowych gleb jest bardzo niska (często nawet jako pastwisk), a duże masy osuwiskowe stanowią naturalne zbiorniki retencyjne magazynujące duże ilości wody, opóźniające spływ śródpokrywowy i podnoszące przepływy niżówkowe w ciekach.

Podobną rolę jak dreny spełnia na stokach gęsta sieć dróg i bruzd, dochodząca nawet do 50 km długości/km². Ze względów hydrologicznych nie tyle groźne są wcięcia drogowe biegnące z góry w dół stoku, pogłębiane i odprowadzające duże ilości zawiesin, co podcięcia dróg często serpentykami wspinających się na grzbiety górskie i praktycznie odprowadzające w szybkim tempie wszelkie nadwyżki wody zmagazynowane w pokrywach zwietrzelinowych.

REGULACJA DOPŁYWU WODY W DNACH DOLIN

Podjęmowana przez różne resorty i organizacje regulacja odpływu wody w dnach dolin ma różne cele, z których tylko jednym jest wyrównanie przepływów. Działanie w dnach dolin, w momencie spływu wód powodziowych jest już często działaniem spóźnionym.

Dla zrozumienia cech rzek karpackich pewne nowe materiały wnoszą również prace Zakładu. Wezbrania często powtarzające się seryjnie (np. 1958-1960, 1970 i następne [24, 33]) nie tylko odprowadzają nadwyż-

ki wody, ale wykonują pracę erozyjną i transportową. Według pomiarów Froehlich [7], w Kamienicy Nawojowskiej w transporcie materiału największy jest udział materiału zawieszinowego (45-86⁰/₀ w poszczególnych latach), z kolei rozpuszczonego (10-53⁰/₀), a najmniejszy wleczonego (1,5-4⁰/₀). Tymczasem temu ostatniemu przypisywano dotąd zbyt dużą wagę, budując zbiorniki przeciwrumowiskowe, później zasypywane drobną zawiesiną. Istotna jest rola poszczególnych lat: w roku dużego wezbrania Kamienica wyniosła 330 tysięcy ton (w tym wleczony 12,4 t), a w roku bez katastrofalnego wezbrania 31 tys. ton (z czego wleczony około 0,5 t). Pogłębienie koryt naturalne, jak i wywołane eksploatacją żwirów prowadzi do obniżenia zwierciadła i zubożenia zbiorników wodnych w aluwkach [4]. Sprzyja temu także betonowa obudowa koryt, która izoluje rzekę od naturalnego przepuszczalnego regulatora. Jest faktem stwierdzonym, że w pogórskich odcinkach dolin i na przedpolu gór równolegle do rzek płyną strumienie podziemne w gruboziarnistych aluwkach. Również negatywnie oddziałują poprzez akumulację powyżej, a erozję wgłębną poniżej zapory wodne, które są, jak na razie przy braku racjonalnej zabudowy biologicznej zlewni, jedynym sposobem zatrzymywania nadwyżek wody w górach i częściowej ochrony szerokich den dolin na przedpolu gór przed powodzią. Ich różne cele m. in. energetyczne zmniejszają ich rolę przeciwpowodziową, często równoczesne nagłe opróżnienie zbiorników (np. Porąbki i Goczałkowic) jeszcze powiększa zagrożenie powodziowe i erozyjne przekształcanie koryt w Kotlinie Sandomierskiej.

Dążąc do regulacji odpływu należy zwrócić większą uwagę na zabudowę biologiczną den dolin, która nie tylko wyłapuje nadwyżki rumowiska, ale zmniejsza gwałtowność fal powodziowych [15]. Przy zagospodarowaniu den dolin należy pamiętać o zachowaniu stref niezainwestowanych wzdłuż koryta, tak aby fala powodziowa nie wyrządziła większych szkód. To samo odnosi się do przekrojów przepustów mostowych, które źle obliczone są przyczyną znacznych szkód powodziowych w płaskodennych dolinach Pogórza Karpackiego.

UWAGI KOŃCOWE

Analiza zjawisk erozji gleb w Karpatach na tle obiegu wody i podejmowanych zabiegów przeciwoerozyjnych i melioracji wodnych prowadzi do następujących wniosków:

1. Obszar Polskich Karpat ma zróżnicowane warunki przyrodnicze, które rzutują na obieg wody, typ i natężenie procesów denudacji gleb na stokach oraz erozji i akumulacji w dnach dolin. Dlatego wszelkie przeciwdziałania i zabiegi muszą uwzględniać to zróżnicowanie.

2. Wprowadzając sztuczne zmiany w układzie spływ powierzchni-

wy — infiltracja należy pamiętać jakim zjawiskom ekstremalnym pragniemy zapobiegać (rys. 3), gdyż chroniąc gospodarke przed szkodliwymi skutkami jednego zjawiska (ulewy i zmyw gleb) możemy spowodować inny szkodliwy proces (np. osuwanie).

3. Najlepszą drogą ochrony przed erozją i przyspieszonym spływem jest zabudowa biologiczna, zwiększenie areału użytków leśnych i zielonych. Regulację obiegu wody należy rozpocząć od stoków, a nie od koryt rzecznych [21]. Budowa zbiorników nie powinna wyprzedzać zabudowy zlewni, gdyż zbiorniki ulegają szybkiemu zamulaniu i nie spełniają swojej roli retencyjnej.

4. Zabudowa biologiczna zlewni winna być sprzężona z umiarkowaną intensyfikacją produkcji rolnej. Ta ostatnia musi uwzględniać ograniczenia wiążące się z faktem, że nadwyżki wody z gór muszą być przede wszystkim umiejętnie magazynowane i skierowane na zaopatrzenie w wodę pitną i przemysłową dużych aglomeracji miejskich południowej Polski.

LITERATURA

1. Adamczyk B., Maciaszek W., Januszek K.: Gleby gromady Szymbark i ich wartość użytkowa. *Dok. geogr.*, 1, 1973, s. 15-72.
2. Brykowicz K., Rotter A., Waksmundzki K.: Hydrograficzne i morfologiczne skutki katastrofalnego opadu i wezbrania w lipcu 1970 roku w źródłowej części zlewni Wisły. *Fol. geogr., ser. Geogr. Phys.*, 7, 1973, s. 115-129.
3. Dauksza L., Gil E., Kotarba A., Kramarz K., Niemirowska J., Słupik J., Starkel L.: Badania fizyczno-geograficzne otoczenia Stacji Naukowo-Badawczej Instytutu Geografii PAN w Szymbarku. *Dok. geogr.*, 3, 1970, ss. 72.
4. Dauksza L., Gil E.: The Ropa river valley Exc. Guide-Book, Symp. of INQUA Com. on studies of Holocene, Poland, Site II — 4, vol. 1, 1972, s. 46-49.
5. Dauksza L., Kotarba A.: An analysis of the influence of fluvial erosion in the development of a landslide slope (using the application of the queucing theory). *Stud. Geomorph. Carp. Balc.*, 7, 1973, s. 91-104.
6. Figuła K.: Erozja w terenach górskich. *Wiad. IMUZ*, 1, 4, 1960.
7. Froehlich W.: Dynamika transportu fluwialnego Kamienicy Nawojowskiej. *Pr. geogr.*, 114, 1975, s. 112.
8. Gerlach T.: Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajcarka (Beskid Wysoki — Karpaty Zachodnie). *Pr. geogr.*, 52, 1966.
9. Gerlach T.: Etat actuel et methodes de recherches sur les processus morphogenetiques actuels sur le fond des etages climatiques et vegetaux dans les Carpates polonaises. *Stud. Geomorph. Carp. Balc.*, 4, 1970, s. 45-63.
10. Gerlach T.: Współczesny rozwój stoków w Polskich Karpatach Fliszowych. *Pr. geogr.*, 122, 1976, s. 116.
11. Gil E.: Spłukiwanie gleby na stokach fliszowych w rejonie Szymbarku. *Dok. geogr.*, 4, 1976, ss. 65.

12. Gil E., Słupik J.: Hydrological conditions of slope wash during snow melt in the Flysch Carpatians. Symp. Int. de Geomorph. Univ. de Liege, 67, 1972, s. 75-90.
13. Gil E., Starkel L.: Complex physico geographical investigations and their importance for economic development of the Flysch Carpatian area. Geogr. pol., 34, 1976, s. 47-61.
14. Hess M.: Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich. Zesz. nauk. UJ, Pr. geogr., 11, 1965, ss. 258.
15. Klimek K.: The structure and mode of the flood — plain deposits in the Wisłoka valley (South Poland). Stud. Geomorph. Carp. Balc., 8, 1974, s. 135-151.
16. Klimek K., Starkel L.: History and actual tendency of floodplain development at the border of the Polish Carpathians. Nachr. Akad. Göttingen in: Rep. of Comm. on present-day Processes IGU, 1974, s. 185-196.
17. Kotarba A.: Współczesne modelowanie węglanowych stoków wysokogórskich. Pr. geogr., 120, 1976, s. 128.
18. Niedźwiedź T.: Heavy rainfall in the Polish Carpatians during the flood in July 1970. Stud. Geomorph. Carp. Balc., 6, 1972, s. 194-198.
19. Reniger A.: Erozja gleb na terenie podgórskim w obrębie zlewni potoku Łukawica. Roczn. Nauk. rol., 71, ser. F 1, 1955.
20. Sawicki L.: Osuwisko ziemne w Szymbarku i inne zsuwy powstałe w 1913 roku w Galicji Zachodniej. Rozpr. Wydz. Mat. Przyr. AU, t. 16, dz. A, 1917, s. 3.
21. Słupik J.: Zróżnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich, Dok. geogr., 2, 1973, ss. 118.
22. Słupik J.: Zastosowanie zdjęć lotniczych w określeniu wpływu bruzd i dróg polnych na strukturę bilansu wodnego stoków górskich. Fotointerpretacja w Geografii I (11), 1976, s. 31-38.
23. Soja R.: Cechy obiegu wody w dorzeczu Ropy w warunkach gospodarki człowieka (raport z realiz. problemu 11-2-1-02, rkps., archiwum Zakł. Geogr. Fiz. IG PAN), 1975.
24. Soja R.: Proces pogłębiania koryta a natężenie przepływu na przykład rzeki Ropy. Stud. Geomorph. Carp. Balc., 11, 1977.
25. Starkel L.: Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie. Pr. geogr. IG PAN 22, 1969, ss. 239.
26. Starkel L.: Charakterystyka rzeźby Polskich Karpat (i jej znaczenie dla gospodarki ludzkiej), Probl. zagosp. Ziem górsk., 10, 1972, s. 75-150.
27. Starkel L.: Problemy regulacji obiegu wody w górach. (W:) Wpływ melioracji wodnych na środowisko geograficzne. Mater. z Konf. w Jadwisinie cz. III, PAN, 1976, s. 378-391.
28. Starkel L.: The role of extreme (catastrophic) meteorological events in contemporary evolution of slopes, Geomorphology and Climate, Willey Sons, 1976, p. 203-246.
29. Starkel L.: Cel, metoda i główne aspekty studiów nad typologią i oceną środowiska geograficznego Karpat i Kotliny Sandomierskiej. Pr. geogr., 125, 1978.
30. Stecki K.: Zsuwy ziemne w Beskidzie Zachodnim. Kosmos, 59, 1935.
31. Welc A.: Zróżnicowanie przestrzenne denudacji chemicznej we fliszowej zlewni Bystrzanki (Karpaty Zachodnie). Stud. Geomorph. Carp. Calc., 12, 1978.
32. Wit-Jóźwik K.: Analiza deszczów w Szymbarku w latach 1969-1973 (od maja do września). Dok. geogr., 1977.
33. Ziętara T.: Rola gwałtownych ulew i powodzi w modelowaniu rzeźby Beskidów. Pr. geogr., 60, 1968, s. 116.

Лешек Старкель

ЭРОЗИЯ ПОЧВЫ В ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ В КАРПАТАХ

Резюме

Эрозия почв представляет собой комплект природных процессов, интенсивность которых неоднократно возрастает в период интенсивного использования почвы. Тип процессов моделирующих горные склоны и речные русла зависит от многих параметров, м.пр. от интенсивности и продолжительности атмосферных осадков. Противозерозионных мероприятия не всегда ведут к регулированию оборота воды и противопаводковой защиты в горах. С другой стороны, рациональное водное хозяйство должно учитывать как один из параметров защиту почв от эрозии. Ее наилучше формой является биологическое крепление водосбора.

Leszek Starkel

SOIL EROSION VERSUS WATER ECONOMY IN CARPATHIANS

Summary

The soil erosion is a complex of natural processes, the intensity of which increased several times in the period of intensive soil utilization. The type of processes modelling slopes and river beds depends on many parameters, among others, on the intensity and duration of atmospheric precipitations. The erosion control measures not always lead to the water circulation and flood control in mountains. On the other hand, a rational water economy should take into consideration the protection of soils against erosion as one of its parameters. The best form of this protection is the biological reinforcement of a catchment area.