

POLSKA  
AKADEMIA  
NAUK

---

INSTYTUT GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

EUGENIUSZ GIL

SPŁUKIWANIE GLEBY  
NA STOKACH FLISZOWYCH  
W REJONIE SZYMBARKU



ROK 1976

ZESZYT 2

---

**WYKAZ ZESZYTÓW  
PRZEGLĄDU ZAGRANICZNEJ LITERATURY GEOGRAFICZNEJ**

za ostatnie lata

1969

- 1 **Zagadnienia bilansu wodnego**, s. 156 + nlb., zł 27,—
- 2 **Postępy metodyczne geografii brytyjskiej**, s. 167 + nlb., zł 30,—
- 3/4 **Modele w geografii**, s. 184 + nlb., zł 36,—

1970

- 1 **Geografia stosowana — cz. IV**, s. 128, zł 24,—
- 2 **Prace z terminologii i metodyki badań osadnictwa wiejskiego**, s. 110 + nlb., zł 24,—
- 3 **Metody ilościowe w radzieckiej geografii ekonomicznej**, s. 127 + nlb., zł 18,—
- 4 **Współczesne procesy geomorfologiczne. Metody badań**, s. 149, zł 27,—

1971

- 1/2 **Teoretyczne problemy współczesnej kartografii**, s. 227 + nlb., zł 30,—
- 3/4 **Problemy regionalizacji w krajach Trzeciego Świata**, s. 232, zł 30,—

1972

- 1 **Procesy urbanizacji w ZSRR**, s. 132 + nlb., zł 30,—
- 2 **Metody fotointerpretacyjne w badaniach geograficznych**, s. 173 + nlb., zł 30,—
- 3/4 **Modele migracji**, s. 426 + nlb., zł 66,—

1973

- 1 **Geografia rolnictwa. Problematyka i kierunki badań**, s. 203, zł 30,—
- 2 **Problemy urbanizacji w krajach Trzeciego Świata**, s. 174, zł 27,—
- 3/4 **Kartograficzna metoda badań w geografii (w druku)**

1974

- 1/2 **Przestrzeń krajów Trzeciego Świata. Problemy metodologiczne**, s. 212, zł 48,—
- 3 **Zasoby, człowiek i środowisko**, s. 93, zł 24,—

1975

- 1/2 **Przestrzenna dyfuzja innowacji (w druku)**
- 3/4 **Matematyczne modelowanie środowiska (w druku)**

1976

- 1 **Modele w geografii fizycznej (w druku)**
- 2 **Modele dyfuzji i łańcuchy Markowa w analizie przestrzennej (w druku)**

**STUDIA  
NAD ŚRODOWISKIEM GEOGRAFICZNYM  
OKOLIC SZYMBARKU  
STUDIES  
ON THE GEOGRAPHICAL ENVIRONMENT  
OF THE REGION OF SZYMBARK**

POLISH ACADEMY OF SCIENCES  
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND OF SPATIAL ORGANIZATION

---

EUGENIUSZ GIL

SLOPEWASH ON FLYSCH SLOPES  
IN THE REGION OF SZYMBARK



YEAR 1976

FASC. 2

---

WROCLAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK  
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH  
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

<http://rcin.org.pl>



POLSKA  
AKADEMIA  
NAUK

---

INSTYTUT GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

EUGENIUSZ GIL

Splukiwanie gleby  
na stokach fliszowych  
w rejonie Szymbarku



ROK 1976

ZESZYT 2

---

WROCLAW • WARSZAWA • KRAKOW • GDAŃSK  
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH  
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

<http://rcin.org.pl>

## KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: Halina Szulc

Sekretarz Redakcji: Zuzanna Siemek

Członkowie: Kazimierz Klimek, Wanda Spryszyńska,  
Władysław Stola, Andrzej Żeromski

Opracowanie pod kierunkiem  
L. Starkla

### Adres Redakcji:

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania  
Polskiej Akademii Nauk  
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00—927 Warszawa

Redaktor Wydawnictwa: MARZENA PAWŁOWSKA CHACHAJ  
Redaktor techniczny: MACIEJ KSYCKI

*Printed in Poland*

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo. Wrocław 1976.  
Nakład: 450 egz. Objętość: ark. wyd. 5,20, ark. druk. 4,13, ark. form.  
A<sub>1</sub> 5,50. Papier druk. sat. kl. IV, 70 g, 70 × 100. Oddano do składania  
23 VII 1976. Podpisano do druku 25 XI 1976. Druk ukończono w gru-  
dniu 1976 r. Wrocławska Drukarnia Naukowa. Zam. nr 415/76 —  
L-9 — Cena zł 24.—

## SPIS TREŚCI

Wstęp . . . . .	7
Cel pracy . . . . .	7
Metoda badań . . . . .	8
I. Środowisko geograficzne terenu badań . . . . .	13
Charakterystyka ogólna . . . . .	13
Charakterystyka stoków doświadczalnych . . . . .	15
II. Przebieg spłukiwania w okresie badań . . . . .	19
III. Zróżnicowanie spłukiwania na stokach . . . . .	23
Rola szaty roślinnej i użytkowania ziemi w przebiegu spłukiwania . . . . .	23
Spłukiwanie a spływ powierzchniowy . . . . .	34
Wpływ nachylenia i długości stoku na wielkość spłukiwania. Współczesna tendencja modelowania stoku . . . . .	36
Przestrzenne zróżnicowanie procesu spłukiwania . . . . .	42
Relacja wielkości spłukiwania na stokach do ilości materiału unoszonego odtransportowanego ze zlewni przez potok . . . . .	52
Spłukiwanie a problem ochrony zasobów gleby . . . . .	55
IV. Wyniki i wnioski . . . . .	57
Literatura . . . . .	59
Slopewash on Flysch Slopes in the Region of Szymbark (summary) . . . . .	61
Смывание почвы на флишевых склонах в районе Шимбарку (резюме) . . . . .	64





## WSTĘP

### CEL PRACY

Najczęściej spotykanym procesem morfogenetycznym modelującym stoki strefy umiarkowanej jest spłukiwanie. Na jego przebieg i intensywność ma wpływ rodzaj podłoża, natężenie spływu powierzchniowego, rodzaj roślinności i forma użytkowania stoku. Proces spłukiwania gleby ze wzmoczoną intensywnością występuje w obszarach użytkowanych rolniczo. Pozbawienie gleby trwałej pokrywy roślinnej (np. przez wykarczowanie lasów) zmniejszało odporność podłoża na działanie czynników degradacyjnych, a jednocześnie przyczyniało się do zwiększenia spływu powierzchniowego. Dowodem na ożywienie procesów na stokach w obszarach użytkowanych rolniczo, w porównaniu z obszarami zalesionymi, jest między innymi wzrost częstotliwości wezbrań powodziowych w rzekach.

Stok, będący podstawowym elementem rzeźby obszarów górskich, rozwija się zgodnie z ewolucją dna doliny, zachowując jednocześnie własne charakterystyczne cechy rozwoju, uwarunkowane rodzajem podłoża, nachyleniami, długością, kształtem, a przede wszystkim szatą roślinną i warunkami hydrometeorologicznymi. Czynniki te działając we wzajemnych powiązaniach mają różny wpływ na wzrost lub zmniejszanie się procesu spłukiwania. Od rodzaju czynników i ich występowania w układach sprzyjających lub hamujących proces spłukiwania zależy wielkość, tempo i kierunek przeobrażeń stoku.

Odrębnym zagadnieniem jest problem ochrony gleby przed niekorzystnym, z gospodarczego punktu widzenia, zubożaniem środowiska naturalnego przez proces spłukiwania.

W Karpatach fliszowych badania nad rolą współczesnego spłukiwania gleby w kształtowaniu stoków, głównie z roślinnością trawiastą, prowadził T. Gerlach (1966) w Jaworkach w Beskidzie Wysokim. Zakładając związek intensywności spłukiwania z szatą roślinną, warunkami meteorologicznymi i rodzajem podłoża, prowadził pomiary w profilu stoku. Na podstawie uzyskanych wyników obliczył następnie wielkości dotyczące tempa erozji lub akumulacji, ulegające zmianom w zależności od kształtu i nachylenia stoku.

W niniejszym opracowaniu zostaną przedstawione wyniki prac tere-



nowych autora nad spłukiwaniem zachodzącym na stokach, prowadzonych zarówno na poletkach doświadczalnych, jak i na stanowiskach pomiarowych rozmieszczonych w profilu stoku. W badaniach uwzględniono wpływ szeregu elementów środowiska geograficznego oraz głównych typów użytkowania ziemi na przebieg badanego zjawiska.

Celem opracowania jest charakterystyka współczesnego spłukiwania na stokach Karpat fliszowych w nawiązaniu do szaty roślinnej i warunków hydrometeorologicznych, w odniesieniu do warunków podłoża (gleby) oraz kształtu, długości i nachylenia stoków, a także określenia relacji między rozmiarami spłukiwania na stokach a ilością zawiesiny wynoszonej przez potok poza zlewnię.

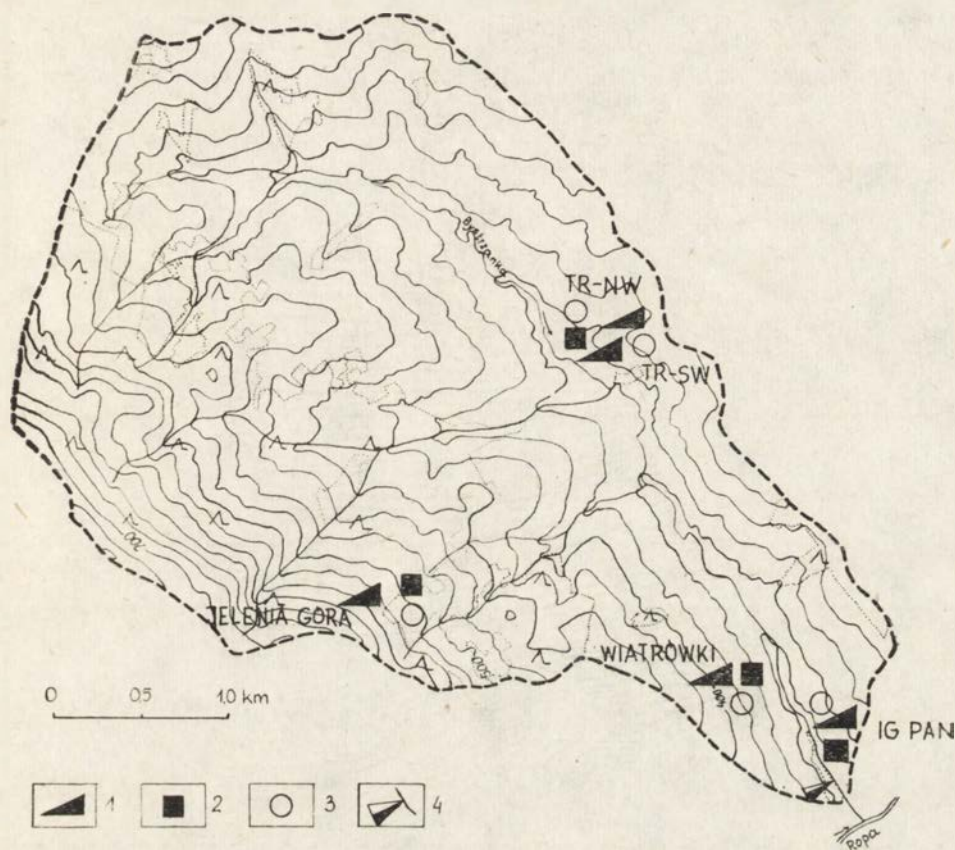
Praca została wykonana pod kierunkiem prof. dr. hab. Leszka Starkła, któremu składam serdeczne podziękowania za dyskusje i naukową opiekę. Dziękuję również Koleżankom i Kolegom, którzy pomagali mi przy prowadzeniu badań. Wdzięczny jestem dr. Januaremu Słupikowi za wspólne opracowanie niektórych zagadnień dotyczących spływu powierzchniowego i spłukiwania (1972a, b; 1974), jak również za udostępnienie swoich wyników badań nad spływem powierzchniowym.

#### METODA BADAŃ

Obserwacje nad spłukiwaniem prowadzone były w nawiązaniu do badań nad spływem powierzchniowym (J. Słupik 1973b) na terenie zlewni Bystrzanki w okresie listopad 1968 — marzec 1970. Obejmowały one po dwa okresy zimowe i jesienne oraz jeden letni (w całości rok hydrologiczny i kalendarzowy 1969). Pomiary prowadzone były na 5 stokach doświadczalnych. Są to: Stacja Naukowa IG PAN (skrót: „IG PAN”), „Wiatrówki”, Technikum Rolnicze SW i NW (skrót: „TR—SW”, „TR—NW”) oraz „Jelenia” (ryc. 1). Z wyjątkiem stoku „Wiatrówki”, u podnóża wszystkich poletek zamontowane były korytka wywrotne z automatycznym urządzeniem rejestrującym ilość wody spływającej z poletka (wg projektu J. Słupika). Woda kierowana była następnie do zbiorników redukcyjnych (redukcja 1 : 10) o sumarycznej pojemności 3300 l. Zbiorniki te służyły do pomiaru ilości spłukiwanego materiału, a jednocześnie stanowiły dodatkową kontrolę ilości spływającej wody.

Na stoku „IG PAN” znajdowały się 3 poletka doświadczalne o szerokości 13 m, o długości 115—130 m i nachyleniu 19—21‰. Były one otoczone ekranem z folii plastikowej, wkopanym na głębokość około 30 cm, co zapewniało spływ i spłukiwanie tylko z powierzchni poletka. Wodę spływającą po poletku, wraz z wyerodowanym materiałem, ujmowała na dolnej granicy pomiarowej plastikowa rynna i kierowała na urządzenie pomiarowe (ryc. 2).

Pozostałe stoki doświadczalne nie były ogrodzone. Znajdowały się na nich rynny stosowane przez Gerlacha (T. Gerlach 1966). Na stanowiskach



Ryc. 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w zlewni Bystrzanki

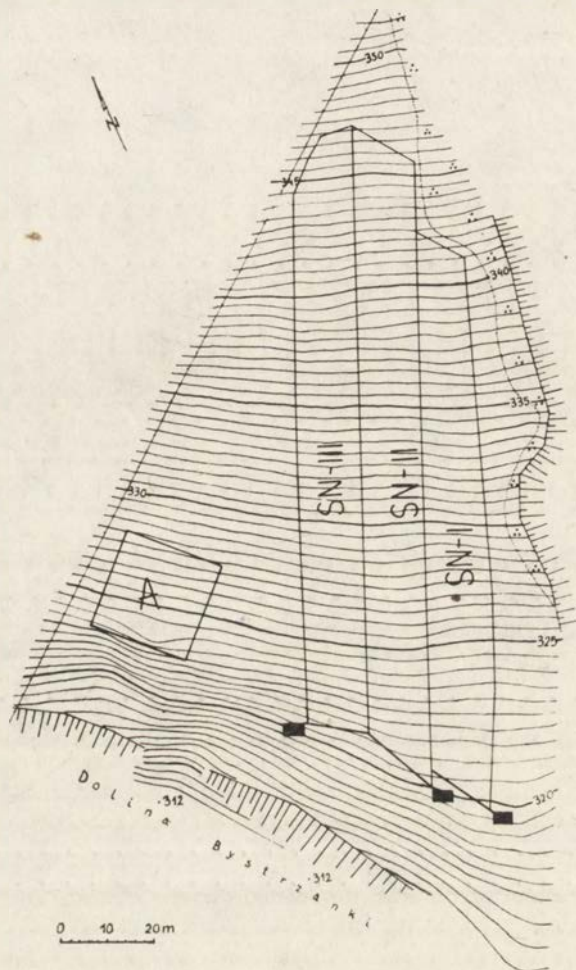
1 — stoki doświadczalne, 2 — klatki meteorologiczne, 3 — deszczomierze, 4 — wodowskaz (limnigraf)

Distribution of points where measurements were taken in the Bystrzanka drainage basin

1 — experimental slopes, 2 — meteorological screens, 3 — pluviometers, 4 — water gauge (limnigraph)

pomiarowych w dolnych częściach stoków doświadczalnych „TR—SW”, „TR—NW” i „Jelenia” zainstalowano po 5 rynien o długości 1,0 m, obejmujących łącznie pomiarem pas stoku o szerokości 5,0 m. Z rynien tych kierowano wodę przewodami na urządzenia pomiarowe, takie jak na stoku „IG PAN”. Na stokach tych zainstalowano ponadto, zależnie od zmieniającego się kształtu i nachyleń, pośrednie stanowiska pomiarowe. Pozwalały one dodatkowo na określenie wielkości spłukiwania na poszczególnych odcinkach stoków (ryc. 6, 7). Stanowiska pomiarowe składały się z 3 rynien Gerlacha o długości 0,5 m, rejestrujących spływ i spłukiwanie w pasie o szerokości 1,5 m. Rynny na tych stanowiskach podłączone były do zbiorników 10 lub 30-litrowych, w zależności od spodziewanej wysokości spływu. Dwa takie stanowiska były na stoku „TR—NW”, 3 na stoku „TR—





Ryc. 2. Stok doświadczalny „IG PAN” w Szymbarku (J. Słupik 1973)

A — stacja meteorologiczna, polećka doświadczalne z urządzeniami pomiarowymi: SN—I — łąka, SN—II — pole zaorane (żyto), SN—III — pole zaorane (ziemniaki, pszenica ozima)

Experimental slope „IG PAN” at Szymbark (J. Słupik 1973)

A — meteorological station, experimental plots carrying measuring devices: SN—I — meadow, SN—II — ploughed field (rye), SN—III — field ploughed after potato crop and sown with winter wheat

—SW” (stanowiska „TR—SW” 2a i „TR—SW” 2b znajdowały się obok siebie na jednej wysokości stoku, ale „TR—SW” 2b w bruzdzie śródpolnej) oraz 3 na stoku „Jelenia”. Na stoku „Wiatrówki” pomiary splukiwania prowadzone były w 3 punktach pomiarowych, z których każdy posiadał 3 rynny o długości 0,5 m.

Przy pomiarach za pomocą rynny Gerlacha powierzchnię splukiwania teoretycznie wyznacza pas stoku równy łącznej szerokości łapaczy rynnowych zainstalowanych na danym stanowisku, ciągnący się od wierzcho-

winy do odpowiedniego punktu pomiarowego. Ze względu na konfigurację stoku, powierzchnię tej niewielkiej zlewni wyznaczono na podstawie szczegółowego planu geodezyjnego stoków (J. Słupik 1973b), jak również wykorzystano terenowe obserwacje dróg spływu wody. Dlatego też wyniki pomiarów z poszczególnych stanowisk uwzględniano w zależności od różnych aspektów procesu spłukiwania.

Na stoku „IG PAN” (ryc. 8) mierzono ilość materiału spłukiwanego z poletek zajętych przez poszczególne użytki rolne (zboża, okopowe, łąki). Pomiary ze stanowisk na stoku „Wiatrówki” odnosiły się do spłukiwania z poszczególnych działek, obejmujących fragmenty stoku (ryc. 7). Między i bruzdy pomiędzy poszczególnymi działkami, o ułożeniu równoległym do poziomic, stanowiły granicę cząstkowych dróg spływu i spłukiwania. Jedynie na stokach „Jelenia”, „TR—SW”, „TR—NW” spływ mógł odbywać się bez większych przeszkód od wierzchołku do podnóża i można było obserwować zmianę spłukiwania w nawiązaniu do długości i nachylenia stoku.

Pomiar ilości spłukiwanego materiału przeprowadzano każdorazowo po wystąpieniu opadów, a w przypadku dłuższego ich trwania (deszcze rozlewne lub roztopy) najmniej raz dziennie. W przypadku niewielkiej ilości materiału zgromadzonego w zbiorniku pomiarowym pobierano próbkę o objętości 1 l, po uprzednim dokładnym wymieszaniu wody, lub też brano całą ilość wody i zgromadzonego materiału. Ilość materiału określano metodą suszarkowo-wagową, przesączając wodę przez sączi filtracyjne, susząc je w temperaturze 105°C do stałej wagi i ważąc na wadze analitycznej. W przypadku dużej ilości materiału zgromadzonego w urządzeniach pomiarowych określano jego objętość w stanie naturalnym, a następnie metodą suszarkowo-wagową wyznaczano ciężar suchej masy materiału w odniesieniu do jego objętości w stanie naturalnym. Tak określony ciężar spłukiwanego materiału wynosił 1,32—1,42 G/cm<sup>3</sup>. Jeśli pobierano próbki o objętości 1 l, wielkość erozji obliczano w odniesieniu do ilości wody, jaka w określonym czasie spłynęła ze stoku. Przy obliczaniu masy i objętości stosowano przelicznik 2,5 G/cm<sup>3</sup>. Dla określenia wielkości denudacji ilość materiału przeliczano na kilogramy lub tony na 1 ha. Dla obliczenia ilości materiału zdenudowanego z większego obszaru uwzględniano wielkość spłukiwania na różnych użytkach rolnych, w odniesieniu do zajmowanej przez nie powierzchni, lub posługiwano się odpowiednimi wzorami uwzględniającymi zmienność warunków fizycznogeograficznych, głównie nachylenia stoku (E. Gil 1974). Wskaźnik denudacji, dla poszczególnych użytków lub zlewni, obliczono dzieląc objętość materiału przez daną powierzchnię.

Oprócz stacjonarnych pomiarów na powierzchniach doświadczalnych, prowadzono również obserwacje i pomiary wielkości spłukiwania na terenie zlewni. Określano je na podstawie pomiaru głębokości rozcięć erozyjnych na stokach, drogach, wciosach oraz mierząc miąższość pokryw

akumulacyjnych. Prowadzono również wycinkowe obserwacje nad wielkością transportu materiału unoszonego w korycie potoku Bystrzanka, co umożliwiło porównanie degradacji na stokach z odprowadzaniem materiału ze zlewni.

Obserwacje autora nad spłukiwaniem w dorzeczu Bystrzanki były równoległe z badaniami wszystkich elementów środowiska geograficznego, prowadzonymi przez innych specjalistów na tym obszarze. Szczegółowe omówienie studiów podejmowanych na Stacji Naukowej IG PAN w Szymbarku opublikowano w Dokumentacji Geograficznej nr 3/1970, nr 1 i 2/1973.



## I. ŚRODOWISKO GEOGRAFICZNE TERENU BADAŃ

### CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA

Punkty stacjonarnych pomiarów splukiwania w okresie listopad 1968—marzec 1970 rozmieszczone były w zlewni Bystrzanki. Zlewnia ta, o powierzchni 13,59 km<sup>2</sup>, obejmuje pogranicze Beskidu Niskiego i Pogórza Karpackiego. Jest ona częścią obszaru objętego szczegółowymi badaniami fizycznogeograficznymi, o powierzchni około 60 km<sup>2</sup> (L. Dauksza i in. 1970; L. Starkel 1973), położonego w okolicy Symbarku, na granicy Beskidu Niskiego i Pogórza Karpackiego. Graniczne położenie sprawia, że przenikają się tu dwa typy rzeźby — pogórski i beskidzki (A. Kotarba i in. 1970; L. Starkel 1973), uwarunkowane budową geologiczną i tektoniką.

Północno-zachodnią część Beskidu Niskiego reprezentowaną przez grzbiety biegnące od Magury Małastowskiej w kierunku północno-zachodnim: pasmo Bartnia Góra—Miejska Góra—Łysa Góra oraz odizolowany od nich przełomową doliną Ropy grzbiet Maślanej Góry, budują piaskowcowe serie warstw magurskich o synkлинаlnym ułożeniu, podścielone łupkami pstryimi i kredą inoceramową (A. Kozikowski 1956; H. Świdziński 1973). Grzbiety te mają wierzchowiny wyrównane w poziomie 600—650 m npm. Jedynie masyw Maślanej Góry wznosi się kulminacją 750 m npm. Strome i długie stoki wzniesień beskidzkich opadają ku garbom pogórskim o kulminacjach 450—500 m npm. Budują je przeważnie łupkowo-piaskowcowe serie warstw inoceramowych, łupki pstre eocenu, a podrzędnie łupkowe serie warstw krośnieńskich. Dno doliny Ropy położone jest na wysokości 300—325 m npm. Sprawia to, że deniwelacje w części pogórskiej osiągają 100—150 m, natomiast w części beskidzkiej 300—400 m. Średnie nachylenie stoków w zlewni Bystrzanki przekracza 10°. Natomiast średnie nachylenie stoków beskidzkiej części zlewni Bystrzanki wynosi 15°, a jej części pogórskiej nieco ponad 9°. Maksymalne nachylenia przekraczają odpowiednio 30 i 20° (tab. 25). Duży udział łupków w budowie geologicznej obszaru wyraża się w rzeźbie rozwojem osuwisk (A. Kotarba i in. 1970).

Główną rzeką odwadniającą obszar jest Ropa przyjmująca liczne potoki, z których największe na tym obszarze są Bystrzanka i Bielanka

(obie o długości ponad 7 km i podobnej powierzchni dorzecza — ok. 13 km<sup>2</sup>). Gęstość sieci rzecznej stałej i okresowej wynosi 3 km/km<sup>2</sup>.

Przeważającymi glebami na badanym obszarze są gleby brunatne, a następnie płowe, pararędziny i plastosole (B. Adamczyk i in. 1973). Są to gleby umiarkowanie wilgotne, głębiej wilgotne, często oglejone, dość żyzne, odznaczające się dużą stabilnością i odpornością na działanie czynników degradacyjnych. Części ziemiste wykazują skład mechaniczny glin średnich, w głębszych warstwach — glin ciężkich i ilów. Duży jest udział części szkieletowych (tab. 1). Są to na ogół gleby biologicznie średnio głębokie.

Tabela 1

Skład mechaniczny gleb brunatnych wg B. Adamczyka (B. Adamczyk i in. 1973)

Miąższość warstwy w cm	Części szkieletowe w %	Procentowy udział frakcji o średnicy w mm			
		1,0–0,1	0,1–0,02	<0,02	<0,002
18–24	0–20	13–43	19–36	31–65	11–28
17–45	0–30	3–45	8–30	34–89	11–44
25–80	0–75	5–29	6–29	48–85	17–45
30–105	0–95	1–58	4–30	20–91	14–50

Klimat omawianego terenu ma cechy typowe dla Pogórza i niższych partii Beskidów, zaliczonych przez M. Hessa (1965) do klimatu umiarkowanie ciepłego i umiarkowanie chłodnego. B. Obrębska-Starkel (1973) podaje średnią roczną temperaturę na wysokości 350 m npm. +7°C, natomiast na wysokości powyżej 600 m npm. — poniżej +6°C. Opady (R. Soja 1972) dla wysokości 350 m npm. wynoszą 787 mm, z czego na okres wegetacyjny przypada 72% sumy. Według R. Soji gradient opadów dla tego regionu wynosi 60 mm/100 m wysokości. W badanym roku (1969) rozkład opadów był wybitnie nierównomierny. Głębokie niedobory wystąpiły w maju, lipcu i wrześniu, a nadwyżki w czerwcu i sierpniu. Wyższy był też udział opadów okresu wegetacyjnego. Ogólna liczba dni z opadem powyżej 0,1 mm wynosiła 150, powyżej 10 mm—15. J. Słupik (1973b) podaje za M. Hessem (1965) dane klimatyczne, charakterystyczne dla piętra umiarkowanie ciepłego w Karpatach (tab. 2).

Tabela 2

• Wartości średnie wieloletnie wybranych elementów klimatu umiarkowanie ciepłego w Karpatach Zachodnich

Wysokość w m npm.	Średnia temp. roczna w °C	Suma opadów w mm	Dni z opadem powyżej 0,1 mm	Dni z pokrywą śnieżną	Dni z przymrozkami
300	8	800	165	65	85
750	6	1000	175	105	90

Obszar ten będący poprzecznym obniżeniem w łuku Karpat narażony jest na częste adwekcje ciepłych mas powietrza z południa, a będąc w cieniu pasm Beskidu Sądeckiego otrzymuje znacznie mniejsze sumy opadów. Położenie w strefie granicznej uzewnętrznia się częstymi odwilżami w okresie zimowym i dużym udziałem wiatrów typu fenowego (B. Obrębska-Starkel 1973), powodującymi nierównomierne zanikanie pokrywy śnieżnej, deflację, przesuszanie stoków dowietrznych (stoki o ekspozycji S, SW). Ma to duży wpływ na zróżnicowanie spływu powierzchniowego (J. Słupik 1973b) i spłukiwanie w okresie zimowym, podczas odwilży i roztopów.

W użytkowaniu ziemi zaznacza się wyraźne zróżnicowanie na część beskidzką i pogórską. W pierwszej z nich zdecydowanie przeważają lasy, w drugiej pola orne, co widać przy porównaniu zlewni Bystrzanki i Bielanki (tab. 3).

Tabela 3

## Użytkowanie ziemi w gromadzie\* Szymbark

Obszar	Powierzchnia ogółem w ha	Rodzaj użytkowania w %		
		grunty orne	użytki zielone i sady	lasy, zagajniki
Zlewnia Bystrzanki	1359	47,7	12,6	39,7
Zlewnia Bielanki	1265	24,7	11,0	64,3
Pozostały obszar	2907	39,7	17,8	42,5
Szymbark (gromada)*	5531	38,0	14,7	47,3

\* Według podziału administracyjnego obowiązującego do dnia 1 I 1973 r. Uwaga odnosi się również do tabel 4–28.

Uprawy rolne obejmują rośliny zbożowe (żyto, pszenica, owies, jęczmień), rośliny okopowe (głównie ziemniaki) i koniczyny. W składzie gatunkowym lasów przeważają zbiorowiska buczyny karpackiej — *Fagetum Carpaticum* (J. Staszkiwicz 1973).

## CHARAKTERYSTYKA STOKÓW DOŚWIADCZALNYCH

Do badań szczegółowych nad spłukiwaniem wybrano w zlewni Bystrzanki 5 stoków reprezentujących różne warunki fizycznogeograficzne i użytkowanie ziemi. Cztery z nich położone są w pogórskiej części zlewni, w obrębie pól uprawnych, jeden w części beskidzkiej, z lasem dolnoreglowym (J. Słupik 1973b). Powierzchnie doświadczalne obejmowały fragmenty stoków od wierzchołku do samego niemal dna doliny lub większe ich części.

Rzeźbę beskidzką reprezentuje stok „Jelenia”, o ekspozycji NE, mający długość kilkuset metrów, położony w południowo-wschodniej części masywu Maślanej Góry, na wysokości 550–650 m n.p.m. Stok wypukło-



-wklęsły przechodzi z krótkiej części wypukłej, wododziałowej, o nachyleniu do  $12^\circ$ , w stromą partię o spadku  $25^\circ$ , a następnie w nieco łagodniejsze podnóże o nachyleniu  $12^\circ$  (ryc. 9). Średni spadek badanego fragmentu wynosi  $18^\circ$ , długość — 230 m. Podłoże stanowią warstwy magurskie wykształcone w postaci gruboławicowego piaskowca magurskiego z wkładkami łupków, których udział wzrasta w dół stoku. Pokrywy zwietrzelinowe okrywające stok są silnie szkieletowe (średnio ponad 60% frakcji kamienistej), o miąższości do 1,5 m. Mają one skład mechaniczny glin średnich lub lekkich w warstwie przypowierzchniowej, przechodząc głębiej (poniżej 0,6 m) w glinę ciężką. Udział części szkieletowych w profilu jest zmienny — od 30 do 90%, z minimum zazwyczaj w części przypowierzchniowej (B. Adamezyk i in. 1973). Pokrywy zwietrzelinowe okrywające stok „Jelenia” mają z badanych stoków największą porowatość. Stąd też odznaczają się bardzo dobrymi warunkami infiltracji i małym spływem powierzchniowym (J. Słupik 1973b).

Stok „Jelenia” porośnięty jest lasem zespołu *Dentario Glandulosae Fagetum* (J. Staszkiwicz 1973) z podzespołem *Lunarietosum* w górnej części i *Typicum* w dolnej (las z przewagą buka, z domieszką jodły, jesionu, jaworu, z bogatym podszyciem i grubą warstwą ściółki). Stok ten reprezentować może typowe warunki beskidzkich stoków w Karpatach fliszowych. Na stoku znajdowały się 4 stanowiska pomiarowe, począwszy od wierzchowiny, obejmujące rejestracją poszczególne jego fragmenty, w nawiązaniu do zmieniającego się kształtu i nachyleń (ryc. 9).

Pozostałe stoki reprezentują rzeźbę pogórską. Stok „IG PAN” budują łupkowo-piaskowcowe warstwy inoceramowe. Położony jest na lewym zboczu doliny Bystrzanki, przy jej ujściu do doliny Ropy (ryc. 1, 2). Stok o ekspozycji SW ma kształt prosty, wysokość 320—360 m n.p.m. i nachylenie około  $11^\circ$ . Pokrywy zwietrzelinowe mają miąższość od 1,0 m w górnej do ponad 2,0 m w dolnej części stoku. Pokrywy do głębokości 0,5 m to gliny średnie z udziałem poniżej 30% części szkieletowych. Głębiej występuje glina ciężka i ilasta z udziałem 60—80% części szkieletowych. Pokrywy stokowe odznaczają się dużą zdolnością infiltracyjną w warstwie ornej i małą poniżej tej warstwy, co wpływa na zwiększenie spływu powierzchniowego (J. Słupik 1973b). Na stoku znajdowały się trzy poletka doświadczalne o charakterze działek polnych, z kulturami uprawianymi przez rolników w tym regionie (ziemniaki, żyto/pszenica, łąka). Na dwóch pierwszych działkach zastosowano ogólnie tu przyjęty płodozmian.

Stoki doświadczalne w Technikum Rolniczym („TR—SW”, „TR—NW”), położone na lewym zboczu doliny Bystrzanki, w jej środkowej partii, budują łupkowo-piaskowcowe warstwy krośnieńskie górne. Kształt obu stoków jest wypukły, z krótkim odcinkiem wklęsłym w dolnej części, o nachyleniach od  $5$  do  $11^\circ$  na stoku o ekspozycji SW i  $4$  do  $12^\circ$  na stoku o ekspozycji NW (ryc. 6). Pokrywy stokowe mają miąższość od

1,5 m w górnej części stoku do 3,0 m w części wklęsłej o ekspozycji NW. Są to gliny ciężkie i ilaste z udziałem 10—20% części szkieletowych w warstwie przypowierzchniowej i 75—80% głębiej. Duży udział części ilastych jest przyczyną małej przepuszczalności pokryw (J. Słupik 1973b). Stoki te użytkowane były jako łąki i pastwiska. Na stoku „TR—SW” znajdowały się 4 punkty pomiarowe rozmieszczone w nawiązaniu do zmiany kształtu stoku. Na stoku „TR—NW” były 3 punkty pomiarowe o układzie podobnym do poprzedniego.

Stok doświadczalny „Wiatrówki” znajdował się na wschodniej ekspozycji garbu o tej samej nazwie, obejmując górną i środkową jego część. Stok budują piaskowcowo-łupkowe warstwy inoceramowe, okryte pokrywami zwietrzelinowymi o miąższości ponad 2,0 m. Pokrywy wykazują skład mechaniczny glin ciężkich i ilów. Udział części szkieletowych do głębokości 1,0 m wynosi 20—30%, a głębiej 40—90%. Kształt stoku wypukło-wklęsły, nachylenie do 11° w części górnej, 15° w części środkowej i 8° w dolnej (ryc. 7). W całości badany fragment stoku stanowi płytką, rozległą, słabo zaznaczającą się nieckę zboczową. Stok stanowi przykład typowego użytkowania rolniczego terenów karpaccich z „szachownicą” różnej wielkości działek. Stanowiska pomiarowe zlokalizowane były w nawiązaniu do zmian nachylenia stoku, przy dolnej granicy działek z różnymi uprawami zbożowymi.

Omówione powierzchnie szczegółowych obserwacji reprezentują warunki fizycznogeograficzne powszechne dla fliszowych stoków karpaccich. Stok „Jelenia” reprezentuje naturalne, w warunkach karpaccich, środowiska w piętrze regła dolnego. Natomiast pozostałe stoki położone w piętrze pogórskim są typowe ze względu na ich rolnicze użytkowanie, z charakterystyczną mozaiką pól z kulturami zbożowymi, okopowymi i nietrwałymi użytkami zielonymi. Różnice w budowie geologicznej, wyrażające się w rzeźbie obu pięter (wysokości względne, nachylenia stoków), odzwierciedlają się również w budowie pokryw okrywających stoki. Najbardziej szkieletowe pokrywy ma stok „Jelenia”, a najbardziej zwięzły skład mechaniczny posiadają stoki „TR—SW” i „TR—NW” oraz „Wiatrówki”. Jakkolwiek zaznacza się tendencja do zwiększania się ilości części szkieletowych w głąb profilu, to jednak są one w formie licznych przewarstwień spotykane (w ilościach do 80%) również w płytszych horyzontach gleby (B. Adameczyk i in. 1973). Duże zróżnicowanie przestrzenne, szczególnie w wilgotności stoków, wprowadza ekspozycja przez różną wielkość insolacji (B. Obrębska-Starkel 1973). Stoki „IG PAN” i „TR—SW” są cieplejsze i suchsze od pozostałych, co przejawia się, szczególnie w okresie odwilży i roztopów, w szybszym zanikaniu pokrywy śnieżnej. Odmiennie zachowuje się stok „Jelenia”, gdzie odwilże zimowe nie powodują zanikania pokrywy śnieżnej, która topnieje dopiero w okresie roztopów (L. Dauksza i in. 1970). Związane to jest również z położeniem tego stoku 200 m wyżej niż pozostałych, w innym regionie mezoklima-



tycznym (B. Obrębska-Starkel 1973). Podobnie zróżnicowane są wysokości opadów na poszczególnych stokach (różnice wynoszą 5—12%).

Podobieństwa i różnice w warunkach fizycznogeograficznych i użytkowaniu gruntów kształtują spływ powierzchniowy na stokach, który jest bezpośrednią przyczyną procesu spłukiwania gleby. Wielkość spływu i jego intensywność kształtowana jest bezpośrednio przez strukturę gleby (infiltracja), a pośrednio przez użytkowanie ziemi (J. Słupik 1973b;

Tabela 4

Rozmiary spływu powierzchniowego na stokach doświadczalnych w Szymbarku w roku hydrologicznym 1969 (J. Słupik 1973b)

Wskaźnik opadu i spływu	Stoki						
	„IG PAN”			„Wiatrówki”	„Jelenia”	„TR—SW”	„TR—NW”
	łąka	żyto	ziemniaki				
Opad w mm		661,1		659,3	703,8		680,3
Wielkość spływu w mm	59,9	41,8	71,6	65,9	0,17	?	?
Maksymalne natężenie spływu w l/min, ha	765	668	3700	210	1	800	850

tab. 4). Największy spływ powierzchniowy i jego natężenie notowany jest na uprawach okopowych. Natomiast w lesie jego rozmiary są minimalne. Na łąkach i pastwiskach spływ powierzchniowy jest wyraźnie większy w porównaniu z gruntami upraw zbożowych.

## II. PRZEBIEG SPŁUKIWANIA W OKRESIE BADAŃ

Proces spłukiwania nawiązuje w swoim przebiegu do zjawisk i procesów hydrometeorologicznych, zmieniających się w okresie rocznym tak pod względem rodzaju, jak i natężenia. Można wyróżnić w jego przebiegu dwa zasadnicze okresy: deszczowy i śnieżny. W pierwszym z nich spływ powierzchniowy i spłukiwanie uwarunkowane są opadami — ich wielkością, intensywnością, czasem trwania. W drugim główną rolę odgrywa przemarznięcie podłoża — charakter odwilży i roztopów, zapas wody w śniegu. W obu okresach istotne znaczenie w przebiegu spływu powierzchniowego i spłukiwania ma szata roślinna.

Autor rozpoczął badania na początku roku hydrologicznego w listopadzie 1968 r. W dniach od 5 do 25 XI występowały codziennie opady deszczu o wysokości do kilku milimetrów, z wyjątkiem 24 XI, kiedy opad wyniósł 17,5 mm. Na polach ornych oraz na łące zanotowano w tym dniu spłukiwanie w wysokości 2—48 kg/ha. Natomiast w lesie i na pastwisku spłukiwanie notowano już w dniach poprzednich, chociaż były to wartości rzędu setnych części kilograma na hektar (tab. 5; ryc. 3).

Okres zimowy rozpoczął się ujemnymi temperaturami w ostatnich dniach listopada. Cechowały go, zwłaszcza w styczniu i grudniu, niskie na ogół temperatury, znacznie przekraczające średnie z ostatniego 10-lecia (J. Słupik 1973b), jak też ubogie opady. Szczególnie mroźny i bezopadowy był początek grudnia, co sprzyjało głębokiemu przemarznięciu podłoża. Maksymalne przemarznięcie w ciągu zimy sięgnęło poniżej 0,5 m (E. Gil, J. Słupik 1972a; J. Słupik 1973b). Przy dużej wilgotności podłoża w listopadzie wytworzyły się więc takie warunki glebowe, które były korzystne dla spływu powierzchniowego (brak infiltracji) i przebiegu procesu spłukiwania w czasie późniejszych odwilży i roztopów. Stan ten pogłębił się w ciągu zimy przez kilkakrotne wystąpienie odwilży, w czasie których grunt był nasycany od powierzchni nowymi porcjami wody. Woda zamarzała w kolejnych fazach mrozów, gdyż cienka i kilkakrotnie zanikająca pokrywa śnieżna nie stanowiła dostatecznej ochrony przeciw-mrozowej.

W czasie zimy 1968/1969 okresy odwilżowe wystąpiły 6-krotnie. W drugiej i trzeciej dekadzie grudnia nie dały żadnych efektów spłukiwania (brak pokrywy śnieżnej). Również odwilż typu adwekcyjno-solar-

nego w II dekadzie stycznia (15—19), mimo notowanego spływu powierzchniowego, dała bardzo małe efekty erozyjne. Jedynie na poletku z oranką na stoku „IG PAN” splukiwanie przekroczyło nieznacznie wartość 5 kg/ha w ciągu doby. Podczas tej odwilży śnieg całkowicie zniknął na stoku „IG PAN”, a na pozostałych zachował się tylko w płatach. Natomiast w lesie utrzymywała się zwarta pokrywa śnieżna oraz nie notowano wcale spływu powierzchniowego. Nowa pokrywa śnieżna utworzyła się w ostatniej dekadzie stycznia, ale w pierwszych dniach lutego, w czasie kolejnej odwilży, zaczęła zanikać (głównie na stokach o ekspozycji południowej). Mimo znacznego spływu powierzchniowego, splukiwanie było niewielkie (poniżej 1 kg/ha w ciągu doby).

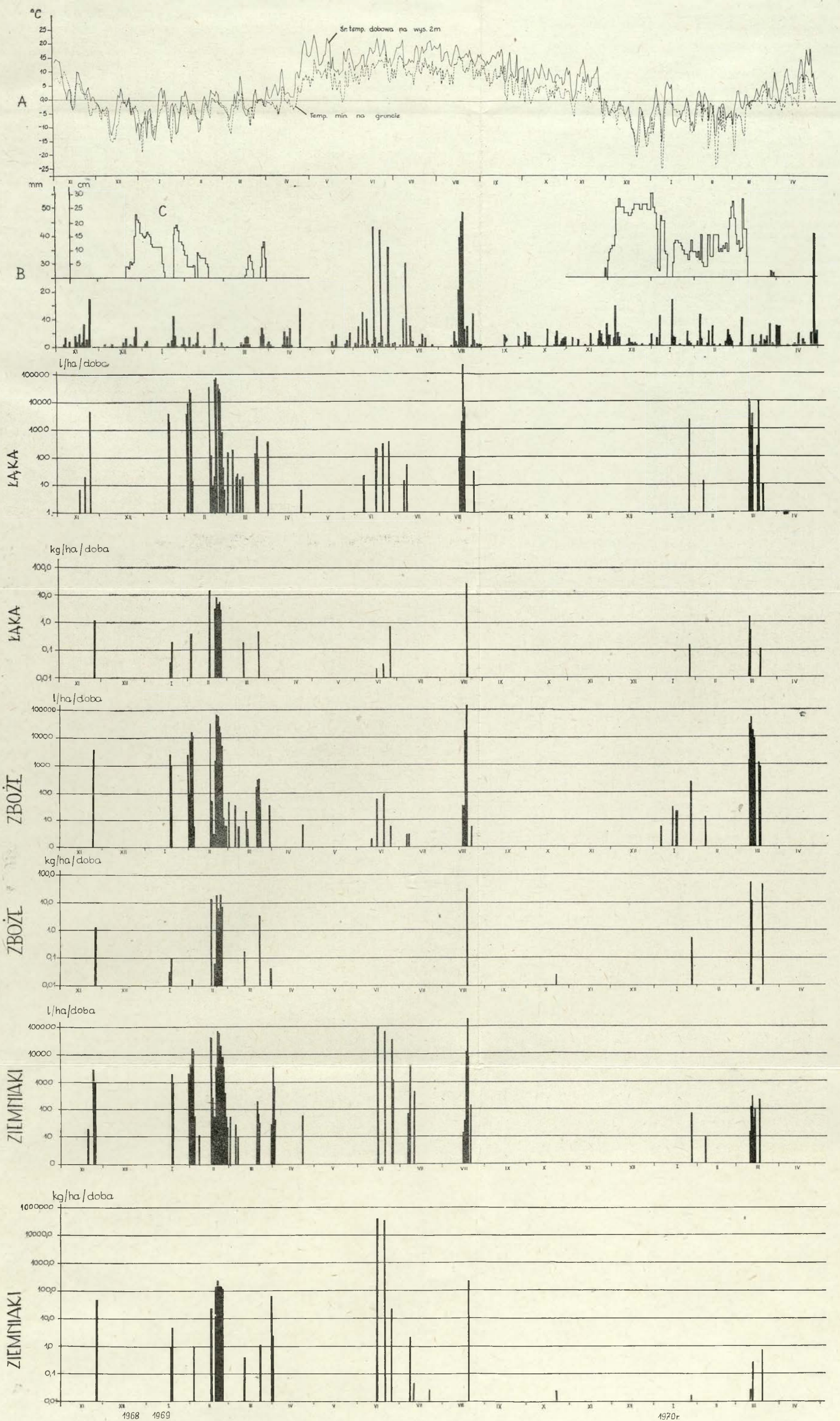
Odwilż, która rozpoczęła się 14 lutego, miała charakter adwekcyjny i doprowadziła w III dekadzie miesiąca do częściowego rozmarznięcia podłoża. W wyniku tego śnieg całkowicie zniknął na stokach „IG PAN” i „TR—SW”, pozostając tylko w płatach na stokach „TR—NW” i „Wiatrówki”, a całkowicie na stoku „Jelenia”. Dla tego okresu charakterystyczny jest przebieg splukiwania na stoku „IG PAN”. Dobowe sumy splukiwania przekraczały na polu zaoranym znacznie wartość 100 kg/ha, osiągając maksimum 209 kg/ha w dniu 20 lutego. Znacznie mniejsze wartości osiągnęło splukiwanie na poletku z żytem i na łące, oscylując koło 5 kg/ha w ciągu doby (por. E. Gil, J. Słupik 1972a; ryc. 4; tab. 5). Następna odwilż w połowie marca przebiegała w warunkach odmarzniętego podłoża i nie spowodowała większego zmywu.

Okres roztopów rozpoczął się na stoku „IG PAN” w drugiej połowie marca, na stokach „Wiatrówki”, „TR—SW” i „TR—NW” w pierwszej połowie kwietnia, a na stoku „Jelenia” na początku drugiej połowy (17 IV) kwietnia. Największe splukiwanie zanotowano na stoku „IG PAN”, na poletku z oranką — 76 kg/ha w ciągu doby. Wysokie splukiwanie na stoku „TR—SW” należy odnieść do całego okresu zimowego, ponieważ w czasie poprzednich odwilży nie wykonywano pomiarów z powodu zamrznięcia urządzeń pomiarowych. Na stoku leśnym, w czasie zanikania pokrywy śnieżnej, zanotowano bardzo małe splukiwanie — maksymalnie 0,4 kg/ha.

Pierwsze opady okresu deszczowego w II dekadzie kwietnia oraz 23 IV o wysokości 14—18 mm wywołały niewielkie splukiwanie na wszystkich stokach z wyjątkiem „IG PAN”. Maksymalne splukiwanie wystąpiło na stoku „Wiatrówki”, w wysokości 1,3 kg/ha, czemu sprzyjały warunki gruntowe po niedawnych pracach polowych. Szybki rozwój roślinności był przyczyną, że opady podobnej wielkości 11 VI zaznaczyły się splukiwaniem rzędu setnych części kg/ha, a tylko w górnej części stoku leśnego przekroczyły 0,1 kg/ha.

W dniu 15 VI gwałtowna burza obejmująca swoim zasięgiem dolną część zlewni Bystrzanki wywołała silną erozję na stokach z uprawą ziemniaków. Zanotowano wówczas największy w całym okresie obser-





Ryc. 3. Dobowe wartości spływu powierzchniowego i spłukiwania na stoku — „IG-PAN” na tle warunków pogodowych w okresie 1 XI 1968—31 III 1970 r.  
 A — średnia dobowa temperatura powietrza na wysokości 2 m i temperatura minimalna na gruncie, B — opady, C — pokrywa śnieżna

Diurnal values of surface flow and siltation on “IG-PAN” slope conditioned by the weather as it was from Nov. 1 1968 to March 31 1970  
 A — mean diurnal air temperature at 2 m above ground and minimum temperature on ground surface, B — precipitation, C — snow cover



Dobowe wartości spłukiwania na stokach doświadczalnych w Szymbarku w okresie I XI 1968–31 III 1970 r. w kg/ha/doba

Stanowisko pomiarowe	19 XI	20 XI	21 XI	25 XI 1968	22 I 1969	2 IV	11 IV	14 IV	23 IV	7 VI	11 VI	15 VI	20 VI	25 VI	8 VII	11 VII	16 VIII	17 VIII	19 VIII	21 VIII	25 VIII	31 X	21 XI	28 XI 1969	13–18 III 1970	23 III	31 III	
„TR–SW” 1	0,0002	0,021		0,2321		0,0687		0,0498	0,0312	15,753			2,6756	0,2445	0,1958	0,0938	0,1725	0,0013	0,355	0,0165	0,0036	0,0036	0,0409	0,0267	0,2	0,02		
„TR–SW” 2a	0,0082	0,0579		1,1573		2,210		0,0383	0,1524	4,890		0,0016	13,246	12,502	2,555	<2,5107	0,1635	0,0029	0,080		0,0	0,0026		0,0508	0,4	0,04		
„TR–SW” 2b	0,0646	0,0109	0,006	0,0303		0,069	0,019	0,022	0,0196	3,236	0,00008	0,0004	>0,348	>2,296	<0,230	<0,665	0,0164	0,0039	0,029		0,0034	0,0006	0,158	0,0094	0,0102	0,001		
„TR–SW” 3	0,489	0,006	0,0008	0,567		77,025	0,001		0,0157	2,827		0,0052	0,568	1,035	0,746	0,820	3,121	0,642	0,650		0,0	0,0017		0,003	2,540	0,254		
„TR–NW” 1	0,002	0,015		0,238			0,093		0,818	12,568	0,0008		3,657	0,058	0,026	<5,146	0,256	0,336	0,068	0,249	0,046	0,004	0,157			0,02		
„TR–NW” 2	0,007	0,022		0,632			0,002				0,032		1,073	1,240	0,125	5,000	0,248		0,06		0,021	0,001	0,065	0,038	0,4	0,04		
„TR–NW” 3	1,825	0,077	0,001	0,751			1,828		0,018	18,500	0,017	0,007	1,433	0,740	0,190	6,715	3,000	0,050	0,80	8,111	0,0	0,001		0,043	3,13	0,3		
„Jelenia” 1	0,0035		0,011	0,0006					0,017		0,112	0,0	0,026	0,021	0,004	0,01			0,246		0,0	0,002	0,002	0,004				
„Jelenia” 2	0,003		0,005	0,004					0,040		0,021	0,0	0,012	0,009	0,0002	0,004			0,068		0,003	0,0006	0,006					
„Jelenia” 3	0,015		0,012	0,0003					0,0062		0,004	0,0	0,018	0,005	0,0005	0,003			0,022		0,001	0,0002	0,006					
„Jelenia” 4	0,01		0,014	0,005					0,0074		0,008	0,0	0,011	0,015	0,005	0,0014			0,035		0,001	0,0002	0,0055		0,0045	0,0045	0,018	
W1			0,040	0,023	0,039				1,298			0,0	1,232	0,0014	0,006	0,0			0,065		0,001		0,009					
W2			0,044	0,025	0,001		0,310		0,099			0,112	0,414	0,011	0,166	0,008			6,177		0,001		0,008					
W3			0,009	0,028	0,014				0,012			0,0	0,636	0,008	0,0	0,01			2,166		0,009		0,003					
	24–26 XI 1968	18 I 1969	19 I	3 II	16 II	17 II	19 II	20 II	21 II	22 II	23 II	24 II	12 III	23 III	31 III	1 IV	15 VI	20 VI	25 VI	8 VII	22 VII	17–19 VIII	22 X 1969	27 I 1970	11 III	12 III	19 III	
SN–I Łąka	1,11	0,043	0,20	0,431	15,803	0,001	0,0	3,466	8,332	4,888	5,416	3,364	0,18	0,504	0,004	0,007	0,023	0,033	0,732	0,0	0,0	25,631	0,0	0,153	1,838	0,528	0,121	
SN–II Zboże	1,23	0,03	0,091	0,017	14,913	0,0	0,031	21,241	0,00	4,798	17,539	7,000	0,165	3,388	0,043	0,0	0,005	0,009	0,0	0,0	0,0	32,946	0,024	0,015	0,027	0,25	0,74	
SN–III Ziemniaki	48,40	0,891	5,09	0,986	22,914	0,016	137,221	209,620	160,04	150,724	130,475	115,490	0,358	1,05	76,834	21,14	40 000,0	33 000,0	21,761	2,317	0,027	184,518	0,0	0,581	50,064	10,501	48,487	

W–„Wiatrówki”, SN–„IG PAN”, 1–4 i I–III–stanowiska pomiarowe



wacji zmyw, wynoszący 40 000 kg/ha. Tak olbrzymie splukiwanie wywołane zostało opadem o wysokości 43,2 mm w ciągu 45 minut, o maksymalnym natężeniu 1,74 mm/min i intensywności spływu powierzchniowego 3 400 l/min/ha. Podobnej wysokości opady objęły swym zasięgiem w dniu 20 VI całą zlewnię Bystrzanki (opad o wysokości 42,0 mm w ciągu 30 minut — maksymalne natężenie 2,28 mm/min). Maksymalny spływ powierzchniowy wynosił 3700 l/min/ha na poletku z ziemniakami (J. Słupik 1973b). Rozmiary splukiwania zanotowane na stoku „IG PAN” na poletku z ziemniakami, wynosiły 33 000 kg/ha. Splukiwanie na poletkach z żytem i na łące oraz w lesie, podczas obu ulew, było bardzo małe. Jedyne na stoku „TR—SW” w czasie drugiej ulewy osiągnęło stosunkowo wysoką wartość — 13 kg/ha.

Opad o wysokości 35 mm w dniu 25 VI, ale o mniejszym natężeniu, wywołał wielokrotnie mniejsze splukiwanie, chociaż na stoku pastwiskowym zanotowano 12,5 kg/ha, ale na stoku z uprawą ziemniaków tylko 21 kg/ha. W pierwszej dekadzie lipca wystąpiły kilkakrotnie opady różnej wysokości, z których największy — 30 mm w dniu 8 VII — wywołał splukiwanie o podobnych rozmiarach na polu z ziemniakami i na pastwisku (2,3—2,5 kg/ha). Natomiast w dniach 10 i 11 VII opady o łącznej wysokości 20 mm wywołały dość dużą erozję na stokach pastwiskowych — 6 kg/ha. Splukiwanie na polu z ziemniakami było niewielkie, a na polu z żytem i na łące zmywu nie zanotowano.

Obfite opady o charakterze deszczów rozlewnych, o łącznej sumie 152,9 mm (Stacja Naukowa IG PAN), wystąpiły w dniach 15—18 VIII 1969 r. Objęły one swym zasięgiem większy obszar Karpat i spowodowały duże wezbranie w dolinie Ropy. Opady dobowe o wysokości 20 mm w pierwszym dniu a w następnych po około 40 mm, mimo dużego spływu powierzchniowego o intensywności 668—848 l/min/ha, nie wywołały wielkiego splukiwania na stokach. Największą erozję zanotowano na polu ziemniaków — 184 kg/ha za cały okres opadów. Na łące zanotowano splukiwanie 25 kg/ha, a na ściernisku po spręcie zbóż prawie 33 kg/ha. Podczas następnego opadu (dnia 25 VIII), w wysokości 10—14 mm, przy spływie rzędu kilkudziesięciu litrów ze stoków ornych i 1100—2100 l/ha ze stoków pastwiskowych, zanotowano jedynie ślady splukiwania. W okresie jesiennym (w dniach 2—5 X, 23—31 X, 19—25 XI) notowano bardzo niskie wielkości splukiwania — rzędu setnych i tysięcznych części kilograma z hektara.

Następny okres zimowy 1969/1970 rozpoczął się w ostatnich dniach listopada uformowaniem się trwałej pokrywy śnieżnej. Gleba całą prawie zimę nie była zamrznięta, tylko w końcowej jej fazie przemarzniecie osiągnęło prawie 20 cm. Pierwszą odwilż zanotowano dopiero 5 I 1970 r., lecz bez efektów erozyjnych. Nikłymi wielkościami zaznaczyła się odwilż około połowy stycznia. Dopiero w dniu 27 I 70 r. większa odwilż zaznaczyła się na poletku z pszenicą ozimą splukiwaniem wielkości

0,59 kg/ha, na łące 0,15 kg/ha i najmniejszym na polu zaoranym — 0,01 kg/ha. Mimo dość grubej pokrywy śnieżnej, spływ powierzchniowy był mały, gdyż niezamarznięte podłoże ułatwiało infiltrację wody w głąb gruntu (E. Gil, J. Słupik 1972a). Dopiero roztopy przypadające na drugą dekadę marca 1970 r. wywołały większe spłukiwanie. Najwyższe wartości zanotowano wtedy na poletku z pszenicą ozimą (10—50 kg/ha w ciągu doby), na łące prawie 2 kg/ha w ciągu doby oraz na pastwisku około 3 kg/ha w ciągu doby. Najmniejszą erozję o wysokości 0,75 kg/ha, zanotowano na polu zaoranym, gdzie obfitość mikroform i prawie nie zamarznięte podłoże sprzyjało infiltracji.

Obserwacje przerwano wraz z okresem śnieżnym, który trwał na stoku „IG PAN” do drugiej dekady marca, na stoku „TR—NW” do początku trzeciej dekady marca, a na stoku „Jelenia” do 1 kwietnia 1970 r.

Na przełomie lat 1971/1972, po zmodyfikowaniu aparatury pomiarowej, rozpoczęto nową serię obserwacji nad spływem powierzchniowym i spłukiwaniem, stosując jednakowy system poletek doświadczalnych na stokach rolnych i leśnych (poletka ogrodzone folią plastikową, zbiorniki przelewowe o dużej pojemności, limnigrafy).

### III. ZRÓŻNICOWANIE SPŁUKIWANIA NA STOKACH

#### ROLA SZATY ROŚLINNEJ I UŻYTKOWANIA ZIEMI W PRZEBIEGU SPŁUKIWANIA

Głównym elementem różnicującym wielkości współczesnego spłukiwania na stokach jest szata roślinna. Jej rola zaznacza się niezależnie od pory roku (E. Gil, J. Słupik 1972a, b). Procesem spłukiwania o dużym natężeniu objęte jest w okresie jesienno-zimowo-wczesnowiosennym od 15 do 25% powierzchni omawianego terenu, co stanowi 38% gruntów ornych (tab. 12, 19).

Okres jesienny wyróżnia się bardzo słabym rozwojem spłukiwania. Niskie opady, mała ich intensywność oraz duże wysuszenie podłoża sprawiają, że spływ powierzchniowy jest niewielki, a spłukiwanie tylko w niektórych przypadkach osiąga większe wartości (tab. 6).

Tabela 6

Wielkość spłukiwania na stokach w okresach jesiennych w latach 1968 i 1969 w kg/ha

Użytkowanie gruntu	Wielkość spłukiwania w kg/ha	
	1 XI–30 XI 1968	10 IX–10 XI 1969
Pole zaorane	48,4	0,024
Zboże ozime	1,2	0,0
Łąka	1,1	0,0
Pastwisko	1,0	0,005
Las	0,028	0,008

Okresy jesienne lat 1968 i 1969 różniły się między sobą wysokością opadów. W październiku i listopadzie 1968 r. spadło dwukrotnie więcej opadu aniżeli w tym samym okresie 1969 r. Zaznaczyło się to w ogólnych sumach spłukiwania i w zróżnicowaniu jego intensywności. Na polu zaoranym w 1968 r. erozja była ponad 40-krotnie większa aniżeli na polu z żytem ozimym, pastwisku i łące oraz ponad 1600 razy większa niż w lesie. Natomiast następnej jesieni spłukiwanie na zbożu i łące w ogóle nie wystąpiło, a na pozostałych poletkach osiągnęło bardzo małe rozmiary.

W okresach zimowych lat 1968/1969 i 1969/1970 spłukiwanie miało zupełnie inny przebieg, uwarunkowany głównie głębokością przemarznię-



cia podłoża. Głębokie przemarznięcie gleby w zimie 1968/1969 uniemożliwiło infiltrację, wywołując duży spływ powierzchniowy (J. Słupik 1973b), a jednocześnie rozmarzająca stopniowo gleba nasycona wodą bardzo łatwo podlegała zmywaniu, zwłaszcza na polu zaorany. W zimie 1969/1970 z powodu małego przemarznięcia podłoża przeważała infiltracja, stąd też spływ powierzchniowy i splukiwanie były niewielkie (tab. 7).

Tabela 7

Wielkość splukiwania na stokach w okresach zimowych (I XII—15 IV)  
w latach 1968/1969 i 1969/1970

Użytkowanie gruntu	Wielkość splukiwania w kg/ha	
	1968/1969	1969/1970
Pole zaorane	1 032,8	1,0
Żyto/pszenica	75,2	109,6
Łąka	42,6	2,6
Pastwisko	77,0	2,8
Las	0,007	0,027

Ochronna rola szaty roślinnej zaznaczyła się bardzo wyraźnie w zimie 1968/1969. Splukiwanie na polu zaorany, mimo zbliżonych wartości spływu powierzchniowego, było 14 razy większe aniżeli na zbożu ozimym, 25 razy większe niż na łące i 14—58 razy większe w porównaniu z pastwiskiem. W lesie w czasie obu zim przez cały czas utrzymywała się trwała pokrywa śnieżna, która wraz z grubą warstwą ściółki spełniała rolę warstwy izolacyjnej, nie dopuszczając do zamrażenia gruntu. Sprzyjało to infiltracji, dzięki czemu spływ powierzchniowy i splukiwanie były minimalne.

Odmienne kształtowały się relacje w splukiwaniu na różnych użytkach w zimie 1969/1970. Zanotowano wówczas największy zmyw na polu z pszenicą ozimą, a najmniejszy na polu zaorany. Powodem tego był stan podłoża i różnice w mikroreliefie powierzchni poletek. Znaczne wyrównanie powierzchni poletka pszenicy przez bronowanie i słabe rozkrzewienie się roślin ułatwiały rozwój spływu powierzchniowego z topiącego się śniegu, a zarazem i rozwój splukiwania. Na polu z oranką nadmiar wody przewyższający zdolność infiltracyjną podłoża mógł gromadzić się w dużej ilości zagłębieni i wsiąkać niemal w całości przez dłuższy okres czasu. Podobne zależności stwierdził L. I. Lvovicz (1963) przy badaniu erozji gleb w Kursku.

Z porównania obu zim widzimy, że w zimie 1969/1970 suma opadów wynosiła 177% sumy opadów zimy poprzedniej, ale spływ powierzchniowy na łące wyniósł 12%, a na polu zaorany tylko 0,3% (por. J. Słupik 1973b). Podobnie kształtowały się relacje w splukiwaniu, które w stosunku do zimy poprzedniej stanowiły na łące 5%, a na polu zaorany

Tabela 8

Przebieg splukiwania na poletkach o różnym użytkowaniu w dniach 16–24 II 1969 r. na stoku „IG PAN”

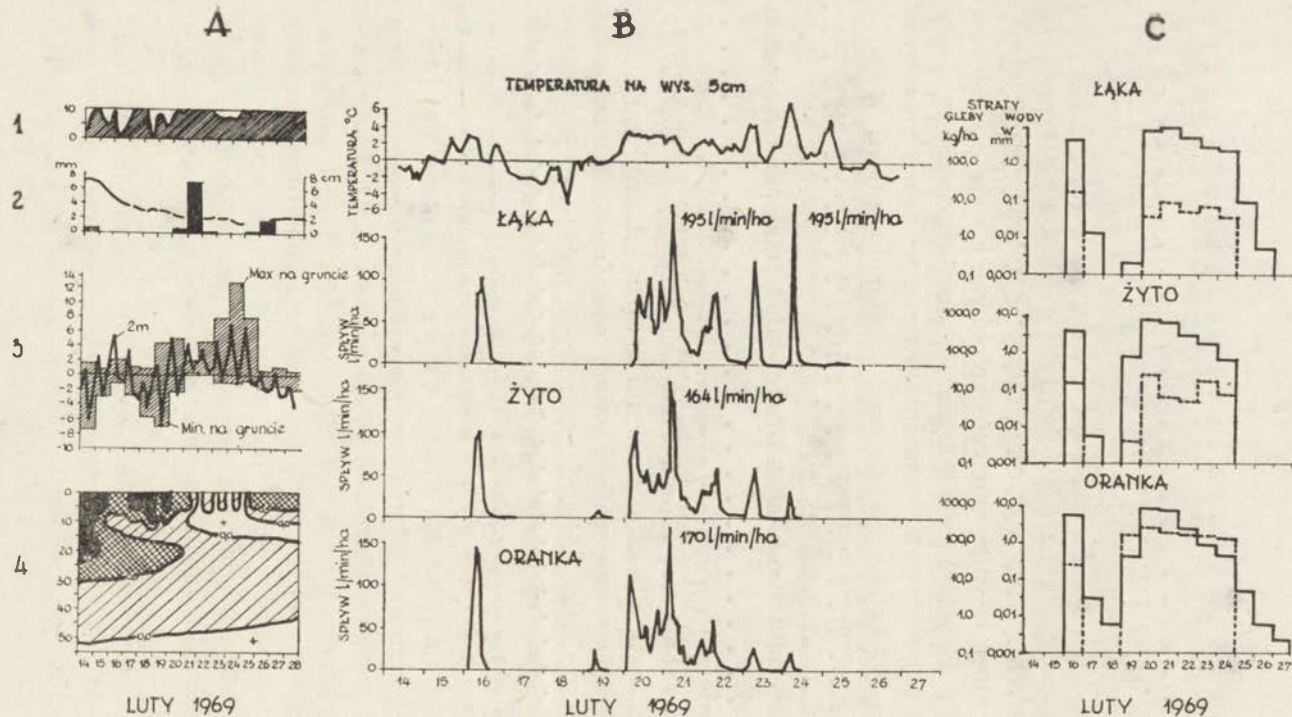
Użytkowanie gruntu	Splukiwanie w kg/ha/doba w dniach									Suma 16–24
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Pole zaorane	22,9	0,01	–	137,2	209,6	160,0	150,7	130,4	115,4	926,21
Żyto	14,9	0,0	–	0,03	21,2	6,0	4,7	17,5	7,0	71,33
Łąka	15,8	0,0	–	0,0	3,4	8,3	4,8	5,4	3,3	41,0

0,2%. Charakterystyczny dla okresu odwilży i roztopów jest przebieg splukiwania na różnych użytkach w dniach 16–24 II 1969 r. (tab. 8).

W pierwszych dniach odwilży wielkość splukiwania była podobna na wszystkich użytkach. W miarę zwiększania się ilości spływającej wody w dniach następnych gwałtownie rosło splukiwanie na stoku zaoranim, osiągając maksimum 209 kg/ha/doba, razem z maksimum spływu powierzchniowego. W tym samym dniu wystąpiło również maksimum splukiwania na polu z żytem. Natomiast na łące wielkość splukiwania była największa w pierwszym dniu roztopów, a drugorzędne maksimum wystąpiło z opóźnieniem (ryc. 4).

Proces tajania śniegu rozpoczął się w górnej części stoku. W pierwszej fazie na poletku z oranką przeważało splukiwanie z całej jego powierzchni, przy czym część materiału akumulowana była na płatach śniegu. Po zniknięciu części pokrywy śnieżnej, w miarę rozmarzania gleby, spływająca woda wycinała płytkie kilkumilimetrowe bruzdy erozyjne, kilkulu lub kilkunastocentymetrowej szerokości. Bruzdy te były następnie pogłębiane tak, że splukiwanie przechodziło w następnych dniach w splukiwanie linijne, a w końcowej fazie roztopów w splukiwanie z bruzd śródpolnych (po orce), gdzie najdłużej utrzymywały się płaty lodu i śniegu. Notowane w tej ostatniej fazie roztopów splukiwanie z bruzd było 100-krotnie większe aniżeli z pozostałej części poletka. K. M. Markoczeva (1972) wiąże intensywność splukiwania z procentem pokrycia powierzchni stoku przez śnieg i stwierdza, że największe jest splukiwanie w fazie roztopów, kiedy stopnieniu uległo już 90% śniegu i lodu. Według K. M. Markoczevej ilość materiału glebowego zmywana wówczas ze stoku była olbrzymia (9–12 t/ha/doba). Na stokach doświadczalnych w Szymbarku największe ilości materiału splukiwane były w środkowej fazie roztopów, przy czym spływ powierzchniowy trwał 2–3 dni dłużej aniżeli proces splukiwania. W fazie maksymalnego rozwoju splukiwania natężenie spływu powierzchniowego wynosiło 164 l/min z ha na polu z żytem, 170 l/min z ha na polu zaoranim i 195 l/min z ha na łące (E. Gil, J. Słupik 1972b; J. Słupik 1973b). W końcowej fazie roztopów natężenie spływu zmniejszyło się do około 1 l/min z ha, co nie wystarczało do wywołania efektów erozyjnych. Wydaje się, że przemarznięcie gleby i obecność





Ryc. 4. Hydroklimatyczne warunki spłukiwania podczas odwilży w zimie 1968/69, 14—27 II (E. Gil, J. Słupik 1972b)  
 A — warunki wodne i glebowe: 1 — zachmurzenie, 2 — opady, pokrywa śnieżna, 3 — temperatury powietrza i na gruncie, 4 — temperatura gleby. B — przebieg spływu powierzchniowego. C — dobowe wartości spływu powierzchniowego i spłukiwania

Hydroclimatic conditions of slopewash during thaw in the 1968/69 winter from February 14 to 27 (E. Gil, J. Słupik 1972b)

A — hydrological and soil conditions: 1 — clouding, 2 — precipitation, snow cover, 3 — air temperatures and temperatures on ground surface, 4 — soil temperature. B — course of surface flow. C — diurnal values of surface flow and slopewash



w glebie soczewek lodowych oraz płyty lodu na powierzchni w dniach 19—24 II, zanim nie uległy stopnieniu, sprzyjały spłukiwaniu (większy spływ powierzchniowy, mniejsze tarcie). W wyniku przechodzenia spłukiwania powierzchniowego i rozproszonego, w początkowej fazie roztopów, w spłukiwanie linijne na stoku tworzyła się sieć żłobin, których gęstość była największa w środkowej części poletka, a objętość i głębokość w dolnej części. Na poletku z oziminą (żyto) i na łące zarówno gęstość jak i głębokość żłobin była niewielka. Decydującą rolę w małym spłukiwaniu na łące miała roślinność (dobre rozkrzewienie się trawy). Na polu z żytem, oprócz pokrywy roślinnej, miało jeszcze znaczenie spulchnienie zaoranej gleby, gdyż ułatwiona infiltracja wody zmniejszyła wydatnie spływ powierzchniowy (o ok. 30%) w porównaniu z łąką (J. Słupik 1973b).

Omawiany okres roztopowy charakteryzował się długotrwałością przebiegu i dużą regularnością spłukiwania w poszczególnych dniach. Intensywność spłukiwania zależała natomiast od charakteru roztopów (insolacyjne, adwekcyjne) i położenia stoku. Przy insolacyjnym typie odwilży lub roztopów śnieg zanikał całkowicie najwcześniej na stokach o ekspozycji południowej. Natomiast na stokach o ekspozycji północnej utrzymywał się przynajmniej w postaci płatów, w lesie zaś w postaci trwałej pokrywy (L. Dauksza i in. 1970). Wydaje się więc, że na stokach tych okres roztopowy przebiega dłużej i może być intensywniejszy (większy zapas wody w śniegu).

Po okresie śnieżnym, w wyniku szybkiego ocieplenia, następuje gwałtowny rozwój roślinności, zmieniający zasadniczo przebieg i lokalizację zmywów na stokach. W tym czasie nie obserwowano prawie wcale spłukiwania na stokach.

Późną wiosną i latem intensywne spłukiwanie obejmuje znacznie mniejszą powierzchnię aniżeli w omówionym poprzednio okresie. Stoki okryte są na ogół szatą roślinną, której gęstość zależy od rodzaju kultur i sposobu uprawy. Zboża i użytki zielone tworzą bardzo gęstą i zwartą pokrywę roślinną, zdecydowanie przeciwdziałającą rozwojowi erozji. Natomiast uprawy ziemniaków i buraków, częściowo również warzyw, nie zabezpieczają w dostatecznym stopniu gleby przed spłukiwaniem, zwłaszcza w końcu wiosny i na początku lata, kiedy gleba po różnych zabiegach agrotechnicznych jest rozpulchniona i podatna na erozję. Tym bardziej że w tym okresie występują zazwyczaj opady o dużej wysokości i intensywności (tab. 9). Podobny przebieg warunków pogodowych obserwował M. M. Simonian (1974) w Armenii, wiążąc wielkość spłukiwania z gęstością szaty roślinnej i obecnością odpowiedniej frakcji kamienistej na powierzchni, które chronią glebę przed nadmiernym zmywem.

Zróznicowanie wielkości spłukiwania w okresie letnim jest ogromne. Największe rozmiary osiąga ono na poletkach z uprawami ziemniaków. Na pozostałych użytkach spłukiwanie jest mniejsze 1800—4200 razy. Naj-

Rozmiary spłukiwania w okresie letnim na stokach w 1969 r.

Użytkowanie ziemi	Ziemniaki	Zboża	Łąki	Pastwiska	Lasy
Wielkość spłukiwania w kg/ha	73 208,0	32,9	26,4	17,5—39,5	0,07

mniejsze spłukiwanie notowano na obszarach pokrytych lasem. Przytoczone dane wskazują na konieczność wycofania upraw ziemniaczanych ze stoków (J. Słupik 1973b).

Proces spłukiwania przebiega na poszczególnych użytkach z różną intensywnością, zależną od typów opadów. Przykładem przebiegu spłukiwania podczas opadów typu burzowego może być spłukiwanie, jakie zaobserwowano w dniach 15 i 20 czerwca 1969 r. (por. E. Gil, J. Słupik 1972a). W obu przypadkach wystąpiły opady o podobnej wysokości — 43,2 i 42,0 mm i czasie trwania — odpowiednio 45 i 30 minut. Maksymalna intensywność opadu, wynosiła w dniu 15 VI — 1,74 mm/min, a 20 VI — 2,24 mm/min. Przy bardzo dużym spływie powierzchniowym spłukiwanie było bardzo wysokie, zwłaszcza na polu z uprawami okopowymi (tab. 10).

Tabela 10

Spłukiwanie na stokach o różnym użytkowaniu podczas deszczów ulewnych w 1969 r.

Użytkowanie ziemi	Data pomiaru	Ziemniaki	Zboża	Łąki	Pastwiska	Lasy
Wielkość spłukiwania w kg/ha	15 VI	40 000,0	0,005	0,023	0,005	0,0
	20 VI	33 000,0	0,009	0,033	1,0	0,01

Jak wynika z przeprowadzonych pomiarów wilgotności gruntu i obserwacji lizymetrycznych (E. Gil, J. Słupik 1972a; J. Słupik 1973b) woda opadowa przesiąkała tylko na głębokość około 30 cm. Wskutek nasycenia wodą warstwy ornej na polu z ziemniakami nastąpił gwałtowny spływ powierzchniowy, który wywołał silną erozję gleby. Warstwa powierzchniowa, orna była intensywnie rozmywana, a przesycona wodą, zwłaszcza w brzdach — upłynniana. W tym samym czasie na pozostałych poletkach, z gęstą roślinnością, notowane były bardzo małe wielkości spłukiwania. W opisanym przypadku rzędy ziemniaków miały przebieg zgodny z nachyleniem stoku, co niewątpliwie ułatwiało wynoszenie materiału z brzd, do których spływała woda z dzielących je rzędów. Głębokość żłobin rosła bardzo szybko w dół stoku. W odległości około 25 m od górnej granicy poletka woda posiadała już taką siłę erozyjną, że uprzętała z brzd całą rozluźnioną zabiegami agrotechnicznymi warstwę orną. Głę-



bokość rozcięcia bruzd w dolnej części poletka dochodziła do 15 i 20 cm, a ich szerokość wynosiła 10—25 cm. Profil podłużny rozcięć był niewyrównany, z szeregiem drobnych kociołków eworsyjnych. Przy łagodniejszym spadku w dnach żłobin znajdowały się niewielkie płyty osadzonego materiału glebowego o miąższości kilku centymetrów, które powstały zapewne w ostatniej fazie trwania procesu. Cały materiał wyerodowany z poletka został osadzony w dolnej, stromej części stoku, porośniętej gęstą trawą, oraz w dnie doliny, a tylko bardzo niewielka jego część dotarła do koryta potoku. O sile erozyjnej wody świadczy fakt, że razem z materiałem gliniastym i piaszczystym wynoszone były z poletka okrucy skalne o rozmiarach do 8 cm. Przy równoległym do poziomic przebiegu rzędów i bruzd ziemniaczanych rozmiary splukiwania byłyby niewątpliwie mniejsze. Będzie to miało miejsce jednak przy określonej wielkości i intensywności opadu, i spływu powierzchniowego oraz nachylenia stoku. W przypadku znacznego przekroczenia natężenia opadu w stosunku do szybkości infiltracji może nastąpić upłynnienie przesyconej wodą warstwy ornej, w wyniku czego splukiwanie osiągnie katastrofalne rozmiary. Zjawisko takie obserwował K. Figuła (1960) na podobnych glebach w Szymbarku-Łagach, a więc w odległości 4 km od miejsca pomiaru autora. Przy równoległym do poziomic przebiegu rzędów ziemniaków wzrasta znacznie erozja w bruzdach ograniczających pole uprawne, które odprowadzają nadmiar wody zatrzymanej przez poprzecznie do spadku ułożone rzędy ziemniaków. Mechanizm splukiwania podczas obu ulew był podobny. Mniejsza ilość materiału zmyta podczas drugiej ulewy była częściowo wynikiem uprzątnięcia poprzednio dużej części materiału, łatwo podlegającej erozji. Odsłonięta poprzednio bardziej zwięzła warstwa podorna była teraz silniej rozcinała, w wyniku czego nastąpiło pogłębienie bruzd.

Znacznie łagodniej przebiegał proces splukiwania podczas opadów w dniach 15—18 VIII 1969 r. Opad ten, o wysokości 152,9 mm, w porównaniu do czerwcowych ulew spowodował bardzo małe efekty splukiwania (tab. 11).

Tabela 11

Splukiwanie na stokach o różnym użytkowaniu w czasie deszczu rozlewnego w dniach 15—18 VIII 1969 r.

Użytkowanie ziemi	Ziemniaki	Ściernisko	Łąki	Pastwiska	Lasy
Splukiwanie w kg/ha	184,5	32,9	25,6	11,6	0,035

Tak jak i poprzednio, największe efekty splukiwania zanotowano na polu z ziemniakami. Ale jednocześnie zwiększyła się wielkość erozji na łące, pastwisku oraz na poletku, gdzie po sprzęcie żyta pozostało ściernisko. W lesie w dalszym ciągu stwierdzano minimalne splukiwanie.



Obserwowano natomiast, iż zróżnicowanie w ilości splukiwanego materiału na stokach z różnymi uprawami jest przy deszczach rozlewnych o wiele mniejsze, w porównaniu z erozją podczas opadów typu nawalnego. Przyczyną tego jest niewątpliwie mniejsza intensywność spływu powierzchniowego, chociaż ogólna ilość wody, jaka spłynęła w dniach 15—18 VIII 1969 r. na polu ziemniaków, była ponad dwukrotnie większa od ilości notowanej w dniu 15 VI 1969 r. (J. Słupik 1973b). Przyczyną zmniejszania się wielkości splukiwania na poletku z ziemniakami jest również rozkrzewienie się roślin, które chroniło glebę skuteczniej niż w czerwcu. Na zmniejszenie splukiwania miało również wpływ stwardnienie gleby w ciągu lata oraz fakt, że w czasie poprzednich ulew część materiału podatna na splukiwanie została zmyta z poletka. Ogólnie jednak obserwuje się zmniejszanie wielkości splukiwania w ciągu lata, co potwierdzają kolejne obserwacje w dniach 25 VI, 2 VII i 11 VII (tab. 5).

W przeciwieństwie do pola z ziemniakami zmalała znacznie skuteczność ochronna roślin na pastwiskach oraz na polach, gdzie po sprzęcieniu żyta pozostało ściernisko.

Obserwacje nad splukiwaniem w okresie letnim wskazują, że proces ten przebiega głównie na powierzchniach zajętych przez uprawy okopowe. Te ostatnie zajmują w zależności od regionu 5,5—9,0% powierzchni

Tabela 12

Użytkowanie ziemi w gromadzie Szymbark w 1969 r.

Obszar		Użytkowanie ziemi					
		Zboża		okopowe	użytki zielone (w tym koniczyna)	lasy	razem
		ozime	jare				
Zlewnia	ha	205,8	185,0	121,8	305,7 (137,8)	541,4	1359,7
Bystrzanki	%	15,1	13,6	9,0	22,5	39,8	100,0
Zlewnia	ha	102,5	121,4	69,7	184,3 (46,0)	788,0	1265,9
Bielanki	%	8,1	9,6	5,5	14,6	62,2	100,0
Pozostały	ha	392,5	185,4	164,3	612,9 (228,9)	1141,1	2496,2
obszar	%	15,7	7,5	6,6	24,9	45,7	100,0
Szymbark	ha	700,8	491,8	355,8	1102,9 (412,7)	2470,5	5121,8
(gromada)	%	13,8	9,6	6,9	21,5	47,3	100,0

(tab. 12). Jednak ilość materiału, jaka jest na nich przemieszczana — w porównaniu z innymi użytkami — jest ogromna (tab. 13).

W stosunku rocznym splukiwanie na powierzchniach pozbawionych roślinności lub niedostatecznie przez roślinność chronionych (okopowe) jest 680 razy większa aniżeli na polach z uprawami zbożowymi, 1100 razy niż na pastwiskach i łąkach i ponad 873 000 razy większa aniżeli w lesie. T. Gerlach (1966, 1970) prowadząc badania na stokach fliszowych w Beskidzie Wysokim w Jaworkach zanotował następujące wielkości splukiwania (średnio w okresie jednego roku): lasy — 1,2 kg/ha, łąki — 12 kg/ha,

Tabela 13

Wielkość splukiwania na stokach w różnych porach roku w zależności od rodzaju użytków

Użytkowanie ziemi	Rozmiary splukiwania w kg/ha i w %					
	1 XI--1 XII 1968 r.	1 XII 1968 r.— 15 IV 1969 r.	15 IV—10 IX 1969 r.	10 IX— 1 XII 1969 r.	1 XII 1969 r. — 31 III 1970 r.	Rok 1969
Okopowe lub pc- wierzchnie bez roś- linności	ha 48,4	1 032,8	73 208,6	0,024	1,03	74 241,4
	%	1,39	98,6	0,01		100,0
Zboża:	ha	75,2	32,9	0,0	109,6	108,1
żyto/pszenica	%	69,6	30,4	0,0		100,0
Pastwiska	ha	39,4	28,5	0,02	3,1	67,92
	%	58,0	41,98	0,02		100,0
Łąki	ha	42,6	26,4	0,0	2,6	69,0
	%	61,7	38,3	0,0		100,0
Lasy	ha	0,007	0,07	0,008	0,027	0,085
	%	8,2	82,4	9,4		100,0

pastwiska — 48 kg/ha, pola orne — 3033 kg/ha, przy czym ta ostatnia wartość odnosi się tylko do jednego okresu roztopowego. Wartości te zbliżone są do wyników pomiarów prowadzonych w Szymbarku. Wartość spłukiwania podczas roztopów w Jaworkach na ziemniaczysku była 3-krotnie większa aniżeli zanotowana w podobnym okresie na polu ornym w Szymbarku. Głównymi przyczynami tej różnicy było większe nachylenie stoku w Jaworkach ( $16^\circ$ ), wobec  $11^\circ$  w Szymbarku, dwukrotnie większe opady w okresie zimowym, a zatem znacznie większy zapas wody w pokrywie śnieżnej podczas roztopów (miąższość śniegu 9-krotnie większa) oraz większe wyrównanie powierzchni stoku po spręćie ziemniaków, w porównaniu z mikroreliefem pola zaoranego w Szymbarku i nieco lżejszym składem mechanicznym gleby. Natomiast na stokach pastwiskowych i łąkowych, według T. Gerlacha, mimo 2-krotnie większych nachyleń notuje się mniejsze spłukiwanie. Wydaje się, iż różnice mogły być w dużej mierze wynikiem zastosowania odmiennej metody pomiarowej, jak również przyjęcia krótkiego cyklu pomiarowego w Szymbarku. Dla porównania, H. H. Bennett (1939) na stokach o nachyleniu  $10\%$ , na glebach gliniasto-pylastych podawał następujące wielkości spłukiwanego materiału w ciągu roku: 4 kg/ha w lesie, 20 kg/ha na użytkach zielonych, 21 600 kg/ha na polach wstęgowych, 50 200 kg/ha na okopowych, 123 400 kg/ha na czarnym ugorze. Przytoczone cyfry wskazują wyraźnie na pierwszoplanową rolę szaty roślinnej w spłukiwaniu na stokach. Na polach pod uprawami zbożowymi notowane są bardzo małe wielkości spłukiwania lub jego brak w okresie wegetacyjnym. Nieco większe spłukiwanie zachodzi w okresie zimowym, zwłaszcza w przypadku słabego rozkrzewienia się zbóż. Podobnie małą erozję obserwuje się w ciągu całego roku na łąkach, pastwiskach oraz na nietrwałych użytkach zielonych (koniczyny). Najlepszą rolę ochronną dla gleby w warunkach karpackich spełnia las, gdzie spłukiwanie jest minimalne. Dobra przepuszczalność gleby sprzyja infiltracji, w wyniku czego zwiększa się spływ śródpokrywowy i następuje rozwój zjawisk suffożyjnych. L. Starkel (1960), działalności suffożyjnej w lesie przypisuje mniejszą rolę, ze względu na ochronną działalność systemu korzeniowego drzew. W okolicy Szymbarku działalność suffożyjna w obszarach leśnych odgrywa jednak większą rolę, w porównaniu z obszarami bezleśnymi. Jest to wynikiem większej przepuszczalności pokryw stokowych i mniejszej zwięzłości oraz lżejszego składu mechanicznego, w porównaniu do pokryw stokowych na polach uprawnych (por. B. Adamczyk i in. 1973) na tych samych seriach skalnych. Minimalny spływ powierzchniowy (J. Słupik 1973b) wskazuje, że spływ wody w pokrywach jest zasadniczym rodzajem spływu w lesie, co pociąga za sobą wymywanie materiału glebowego. Proces ten oraz jego ślady obserwowano wielokrotnie w sztucznych przekopach drogowych, w szybkach glebowych podczas badań terenowych, a także w lejach źródłowych szeregu potoków.



Współczesne modelowanie stoków przez spłukiwanie ograniczone jest do powierzchni zajętych przez grunty orne (K. Figuła, 1955; W. Niewiadomski, M. Skrodzki, 1964). Jego wielkość i intensywność zmienia się w okresie rocznym w zależności od warunków hydrometeorologicznych i systemu użytkowania ziemi. Z wyjątkiem upraw koniczyny i zbóż ozimych, duża część stoków przez okres jesienny, zimowy i wczesnowiosenny nie posiada szaty roślinnej. Dla tych powierzchni niebezpieczny jest zwłaszcza okres zimowy, z częstymi i głębokimi odwilżami, oraz roztopy, w czasie których następuje silny rozwój spłukiwania. W okresie letnim spłukiwanie ograniczone jest do małej powierzchni stoków z roślinami okopowymi (poniżej 9% powierzchni), lecz jego wielkość i intensywność jest olbrzymia (tab. 14). W wyniku tak zróżnicowanego spłuki-

Tabela 14

Spłukiwanie na różnych użytkach w 1969 r.

Użytkowanie ziemi	Spłukiwanie w kg/ha	Wskaźnik denudacji w mm/rok
Okopowe lub powierzchnie bez roślinności	74 241,0	2,97
Zboża	108,0	0,0043
Łąki	69,0	0,0028
Pastwiska	30,8	0,0012
Lasy	0,083	$3 \times 10^{-6}$

wania poszczególne fragmenty stoków są przeobrażane w różny sposób. Na stokach użytkowanych rolniczo następuje w okresie wieloletnim zmiana w intensywności spłukiwania tych samych fragmentów stoku, wynikająca ze stosowanego płodozmianu. Szczegółowe badania nad tym zagadnieniem prowadzili badacze amerykańscy (H. H. Bennett 1939; G. O. Schwab i in. 1966). Na omawianym obszarze stosowany jest najczęściej płodozmian: ziemniaki lub buraki, pszenica, żyto z wsiewką koniczyny, koniczyna, owies. Ta sama powierzchnia zatem co 5 lat zajęta jest uprawą okopowych i może wówczas podlegać intensywnemu spłukiwaniu w całym okresie rocznym.

Biorąc pod uwagę przebieg spłukiwania, jego wielkość i intensywność, można wyróżnić następujące okresy o różnej intensywności modelowania stoku, występujące w ciągu roku:

1 — okres wiosenno-letni (15 IV—10 IX), o najintensywniejszym spłukiwaniu, ograniczony wprawdzie do 9% powierzchni (rośliny okopowe), ale w ciągu wieloletnim powodujący największe przemodelowanie stoków;

2 — okres późnojesiennie-zimowo-wczesnowiosenny, śnieżny (1 XII—15 IV), o mniejszej intensywności procesów spłukiwania, w porównaniu z poprzednim, lecz obejmujący swym zasięgiem 15—25% powierzchni

stoków (do 40% powierzchni gruntów ornych) pozbawionych wówczas roślinności;

3 — okres jesienny (10 IX—1 XII), o bardzo słabym rozwoju erozji powierzchniowej na stokach użytkowanych rolniczo.

T. Gerlach (1966) stwierdził, że w Jaworkach większą rolę w przebiegu spłukiwania na stokach łąkowych mają okresy zimowo-wiosenne; natomiast stoki pastwiskowe intensywniej erodowane są w sezonie letnio-jesiennym, co wiąże się z odpowiednimi warunkami hydrometeorologicznymi oraz rozwojem szaty roślinnej. Znajduje to również potwierdzenie w wynikach badań w Szymbarku.

#### SPLUKIWANIE A SPŁYW POWIERZCHNIOWY

Siła erozyjna wody zależy od jej masy i szybkości płynięcia, a więc wzrasta wraz z ilością i miąższością warstwy płynącej. Decydujące znaczenie w spłukiwaniu ma natężenie spływu powierzchniowego (tab. 15), zależne od typu opadów. Spływ powierzchniowy następuje wtedy, gdy natężenie deszczu przekracza zdolność infiltracyjną podłoża (J. Słupik 1973b). Podczas obu ulew czerwcowych (15 i 20) intensywność opadu oscylowała koło 2 mm/min, co przy znacznej sumie opadu wywołało gwałtowny spływ powierzchniowy i silne spłukiwanie (tab. 15). W obu

Tabela 15

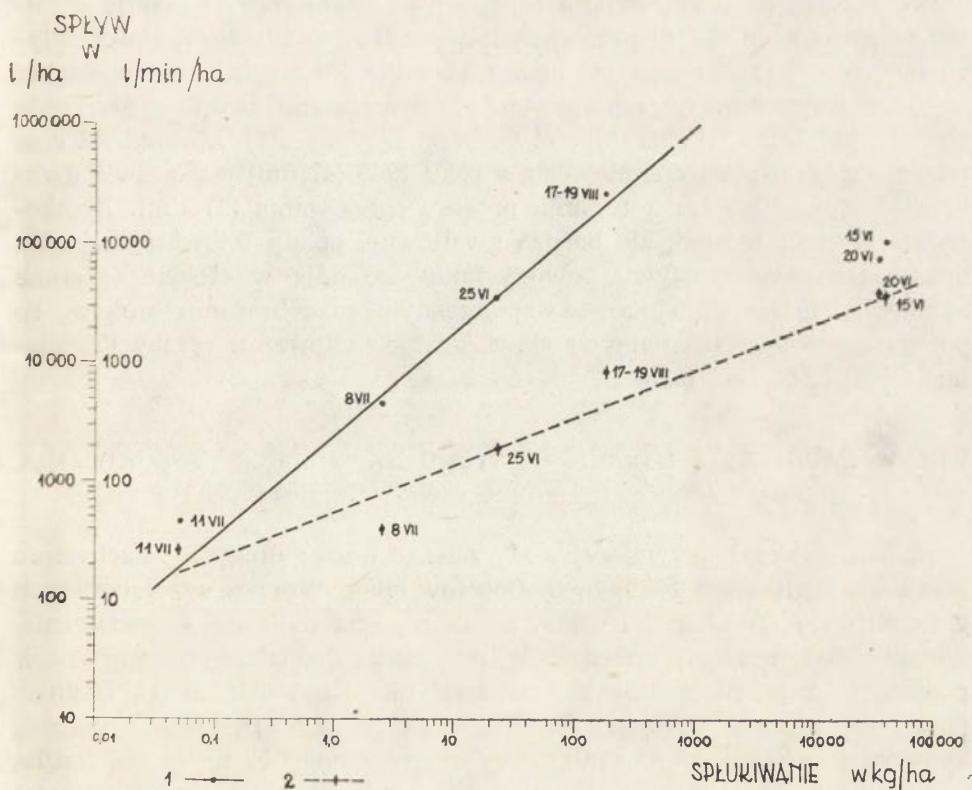
Rozmiary spłukiwania a objętość i intensywność spływu powierzchniowego na polu z ziemniakami w 1969 r.

Data	Wysokość opadu w mm — czas trwania w min	Maksymalna intensywność w mm/min	Objętość spływu powierzchnio- wego w l/ha	Maksymalny spływ w l/min/ha	Spłukiwanie w kg/ha
15 VI	43,2—45'	1,74	102 000	3 400	40 000,0
20 VI	42,0—30'	2,28	74 000	3 700	33 000,0
25 VI	35,6—480'	0,35	37 410	200	21,7
8 VII	30,0—840'	0,2	4 568	40	2,3
11 VII	7,5—210'	0,2	479	40	0,05
15—18 VIII	152,9—10560'	0,59	234 000	848	184,3

przypadkach następowało nasycenie wodą tylko warstwy ornej, o dużej zdolności infiltracyjnej. Natomiast znacznie mniejsza przepuszczalność w warstwie podornej umożliwiła koncentrację nadmiaru wody opadowej w warstwie przypowierzchniowej, skutkiem czego spłukiwanie połączone było z częściowym upłynnieniem gleby w rzędach ziemniaczanych.

Spływ powierzchniowy wywołany deszczami rozlewnymi ma kilkakrotnie mniejszą intensywność aniżeli spływ przy deszczach ulewnych.

Zachodzi on dopiero wówczas, kiedy cały profil glebowy zostanie nasycony wodą. Wobec małej intensywności opadu, osiągającej zaledwie 0,6 mm/min, nadwyżki wody są wtedy niewielkie i natężenie spływu powierzchniowego jest kilka, a nawet kilkadziesiąt razy mniejsze niżeli podczas gwałtownych ulew. W rezultacie spłukiwanie na stokach nie jest wówczas tak intensywne. Porównując objętość spływającej wody w poszczególnych przypadkach z rezultatami spłukiwania, stwierdza się (ryc. 5), że dla deszczów o charakterze rozlewnym, ale o małej intensywności, zależność między obu tymi procesami kształtuje się inaczej niżeli dla opadów nawalnych o dużej intensywności. Dla deszczów rozlewnych, wraz ze wzrostem objętości spływu powierzchniowego, rośnie wielkość spłukiwania. Natomiast dla opadów burzowych brak wyraźnie rysującej się



Ryc. 5. Zależność spłukiwania od objętości i intensywności spływu powierzchniowego na poletku z ziemniakami

1 — spłukiwanie a wielkość spływu powierzchniowego, 2 — spłukiwanie a intensywność spływu powierzchniowego

Dependence of slopewash on volume and intensity of surface flow on an experimental plot growing potatoes:

1 — slopewash versus quantity of surface flow, 2 — slopewash versus intensity of surface flow



współzależności. Wielkość spłukiwania na poletku z ziemniakami podczas deszczów nawalnych, w dniach 15 i 20 czerwca, była około 200 razy większa aniżeli w czasie deszczów rozlewnych 15—18 sierpnia. Odwrotnie zaś, objętość spływu powierzchniowego była w pierwszym przypadku 2—3 razy mniejsza niż w przypadku drugim.

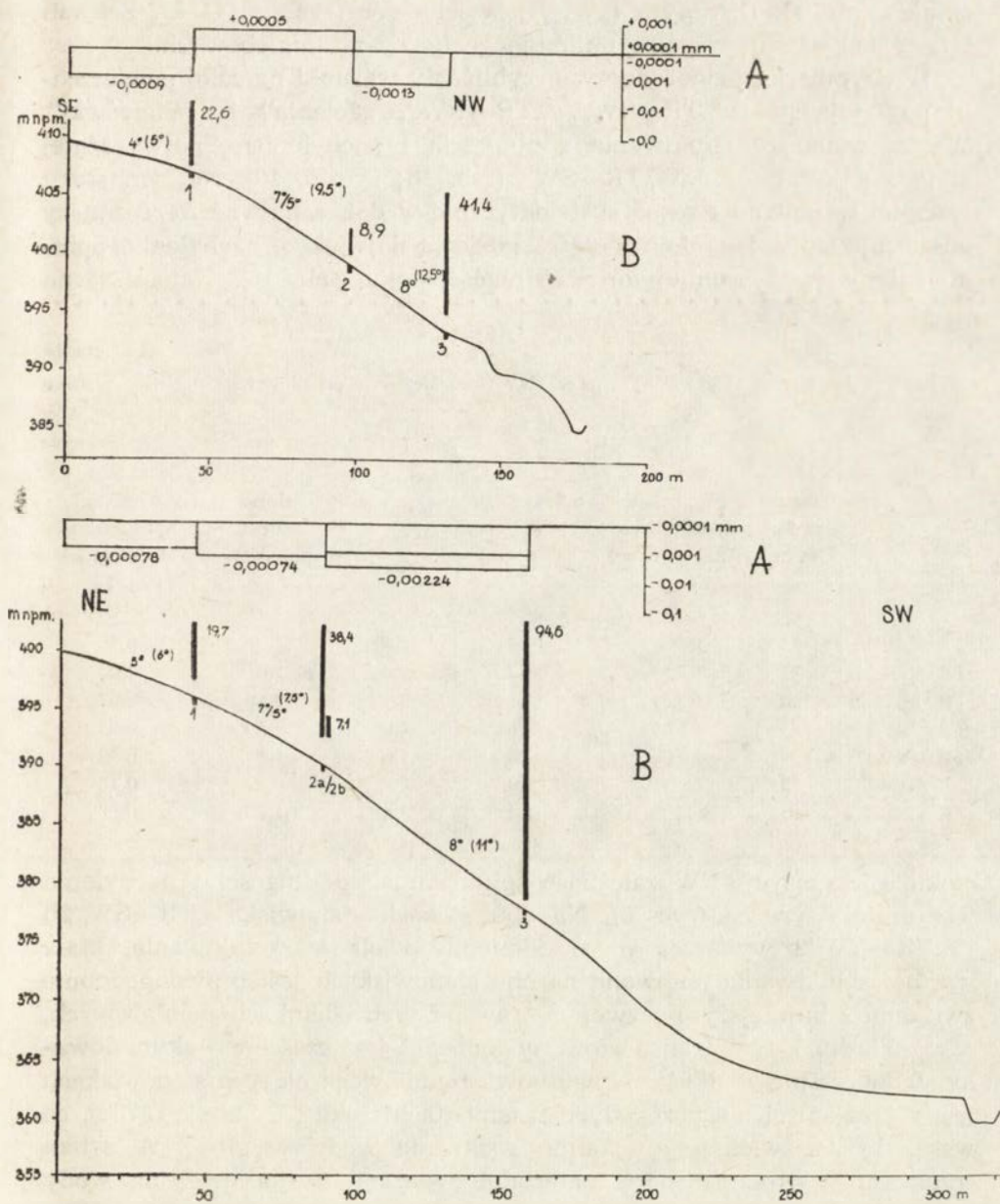
Natomiast wyraźnie zaznacza się relacja, niezależnie od typu opadów, pomiędzy wielkością spłukiwania a maksymalną intensywnością spływu powierzchniowego. Najlepszym tego przykładem są obserwacje na poletku ziemniaków (ryc. 5).

Związek intensywności i objętości spływu powierzchniowego z wielkością spłukiwania świadczy o istnieniu granicznych wartości, wyznaczanych z jednej strony przez intensywność opadu i natężenie spływu powierzchniowego, a z drugiej przez odporność podłoża (B. Mañan 1957).

W przypadku przekroczenia tej wartości granicznej następuje gwałtowne spłukiwanie, a w przeciwnym wypadku, mimo dużej ilości spływającej wody, skutki erozyjne będą niewielkie. Ze względu na zmienność wielkości czynników występujących w powyższym związku graniczna wartość będzie miała charakter równowagi dynamicznej. Dlatego też czas trwania spływu powierzchniowego w roku 1969 (47 dni) jest prawie dwukrotnie dłuższy od czasu trwania procesu spłukiwania (27 dni). Krótkotrwałe w skali rocznej, ale bardzo gwałtowne, opady i towarzysząca im duża intensywność spływu powierzchniowego dają w efekcie ogromne spłukiwanie. Decyduje ono o współczesnym przeobrażaniu stoków, co potwierdza rolę ekstremalnych zjawisk w kształtowaniu rzeźby (T. Ziętara 1969; L. Starkel 1973).

#### WPLYW NACHYLENIA I DŁUGOŚCI STOKU NA WIELKOŚĆ SPŁUKIWANIA. WSPÓCZESNA TENDENCJA MODELOWANIA STOKU

Ilość i szybkość spływającej wody zależna jest od długości i nachylenia stoku (H. H. Bennett 1939; S. S. Sobolev 1960). Wraz ze wzrostem tych parametrów rośnie energia wody, a zatem rosną możliwości erodowania. Związek ten można prześledzić w przypadku jednakowych warunków podłoża (glebowych, roślinnych) na całej długości stoku. H. H. Bennett (1939) na stoku o nachyleniu 10%, o glebie ilasto-pylastej z uprawą kukurydzy notował spłukiwanie: przy długości stoku 82 m — 166 ton/ha w roku, przy długości stoku 55 m — 135 ton/ha w roku, a przy długości stoku 24 m — 59 ton/ha w roku. Natomiast dla stoku o długości 22 m, przy nachyleniu 8% spłukiwanie wynosiło 150 ton/ha w roku, a przy nachyleniu 12% — 183 ton/ha. Według S. S. Sobolewa (1960) dla stoku o nachyleniu 9° spłukiwanie było 3,6 razy mniejsze aniżeli przy nachyleniu 11°. Przy wzroście długości stoku z 400 do 500 m oraz identycznym nachyleniu 3° spłukiwanie było większe 1,3 razy. Biorąc pod uwagę związki zachodzące między długością i nachyleniem stoku a wielkością



Ryc. 6. Spłukiwanie na stokach pastwiskowych w 1969 r.

A — wielkość obniżenia lub podwyższenia stoku w mm/rok. B — profil stoku: 1—3 — stanowiska pomiarowe, 19,7 — wielkość spłukiwania w kg/ha w roku

Slopewash on slopes covered with potatoes in 1969

A — amount of slope surface lowering or raising in mm/year. B — slope profile: 1—3 — points where measurements were taken, 19,7 — quantity of annual slopewash in kg/ha

splukiwania, D. D. Smyth i W. H. Wischmeier (1962 za G. O. Schwab i in. 1966) ustalili współczynnik topograficzny strat glebowych.

W Szymbarku jednorodnie w przybliżeniu warunki na całej powierzchni posiadają stoki: „TR—SW”, „TR—NW”, „Jelenia” i „Wiatrówki”. Wzrost wielkości splukiwania z długością i nachyleniem, najwyraźniej widoczny jest na stoku „TR—SW” (tab. 16; ryc. 6, 10). Na tym stoku wartości splukiwania rosną systematycznie w dół, a największe rozmiary obserwuje się w jego dolnej części, gdzie są największe nachylenia. Splukiwanie wzrasta wolniej aniżeli długość stoku (tab. 16). Natomiast na

Tabela 16

Splukiwanie na stokach „TR—SW” i „TR—NW” w zależności od długości i nachylenia stoku w 1969 r.

Stanowisko pomiarowe	Długość stoku w m	Nachylenie w stopniach (maksymalne)	Splukiwanie w kg/ha w roku	Iloraz wzrostu długości stoku	Iloraz wzrostu splukiwania	Stosunek wielkości splukiwania do długości stoku
„TR—SW” 1	35	5(6)	19,7	—	—	0,56
„TR—SW” 2a	37	7(7,5)	38,4	1,0	1,0	1,04
„TR—SW” 2b	100	5(7,5)	7,1	2,7	0,18	0,07
„TR—SW” 3	145	8(12,5)	94,6	4,0	2,5	0,65
„TR—NW” 1	29	4(5)	22,6	1,0	1,0	0,70
„TR—NW” 2	70	7(9,5)	8,9	2,4	0,39	0,13
„TR—NW” 3	110	8(12,5)	41,4	3,8	1,8	0,38

stoku o ekspozycji NW zależność splukiwania od długości i nachylenia jest mniej wyraźna (ryc. 6). Na obu stokach stanowiska „TR—SW” 2b i „TR—NW” 2 wykazują nieco odmienne wielkości splukiwania. Mała wartość splukiwania notowana na obu stanowiskach jest prawdopodobnie związana z bujniejszym rozwojem traw na tych odcinkach pomiarowych, a w związku z tym transportowany materiał jest częściowo akumulowany. Jednocześnie wielkość spływu powierzchniowego na tych stanowiskach jest niższa aniżeli na pozostałych fragmentach stoku (J. Słupik 1973b), co wskazuje na zwiększone lokalnie wsiąkanie wody w glebę. A zatem splukiwanie oraz transport materiału, związane z siłą erozyjną wody spływającej powierzchniowo, były znacznie mniejsze. Mniejsza ogólnie ilość materiału zmytego na stoku „TR—NW”, notowana na stanowisku „TR—NW” 3, może być wynikiem mniejszej długości tego stoku w porównaniu do „TR—SW”. Przyczyną może być też nieco bujniejsza roślinność trawiasta na bardziej wilgotnym stoku o ekspozycji NW. Przebieg modelowania wskazuje na obniżanie powierzchni garbu oraz powiększanie stromości na wypukłych częściach stoków w ich częściach dolnych („TR—NW”) lub środkowych („TR—SW”). Jest to zgodne ze stwierdzo-



nym przez T. Gerlacha (1966) przebiegiem spłukiwania na stokach pastwiskowych w Beskidzie Wysokim. Wielkość spłukiwania zwiększa się tam w dół stoku, przy formie wypukłej, natomiast przy kształcie wypukło-wklęsłym, na części wypukłej spłukiwanie wzrasta w dół stoku, a maleje stopniowo na części wklęsłej. Stoki pastwiskowe „TR—SW” i „TR—NW” mają obecnie przewagę części wypukłej nad wklęsłą oraz podobną długość i nachylenie. Taki kształt stoków, o prawie jednakowych warunkach fizycznogeograficznych na całej ich długości, powoduje wzrost intensywności spłukiwania od wierzchołki w kierunku dna doliny (ryc. 10, 11).

Stok „Wiatrówki” jest przykładem przebiegu spłukiwania w warunkach aktualnego użytkowania ziemi. Cała jego powierzchnia podzielona jest na prostokątne działki, ułożone równolegle do poziomicy, o mniej więcej jednakowej szerokości. Bruzdy i miedze rozdzielające działki, odprowadzając wodę do dróg, nie pozwalają na kumulowanie się spływu powierzchniowego, a zatem i spłukiwanie w dół stoku. W wyniku tego poszczególne fragmenty stoku spłukiwane są niezależnie od siebie. Na takim stoku rozwija się głównie erozja liniowa w miejscach koncentracji

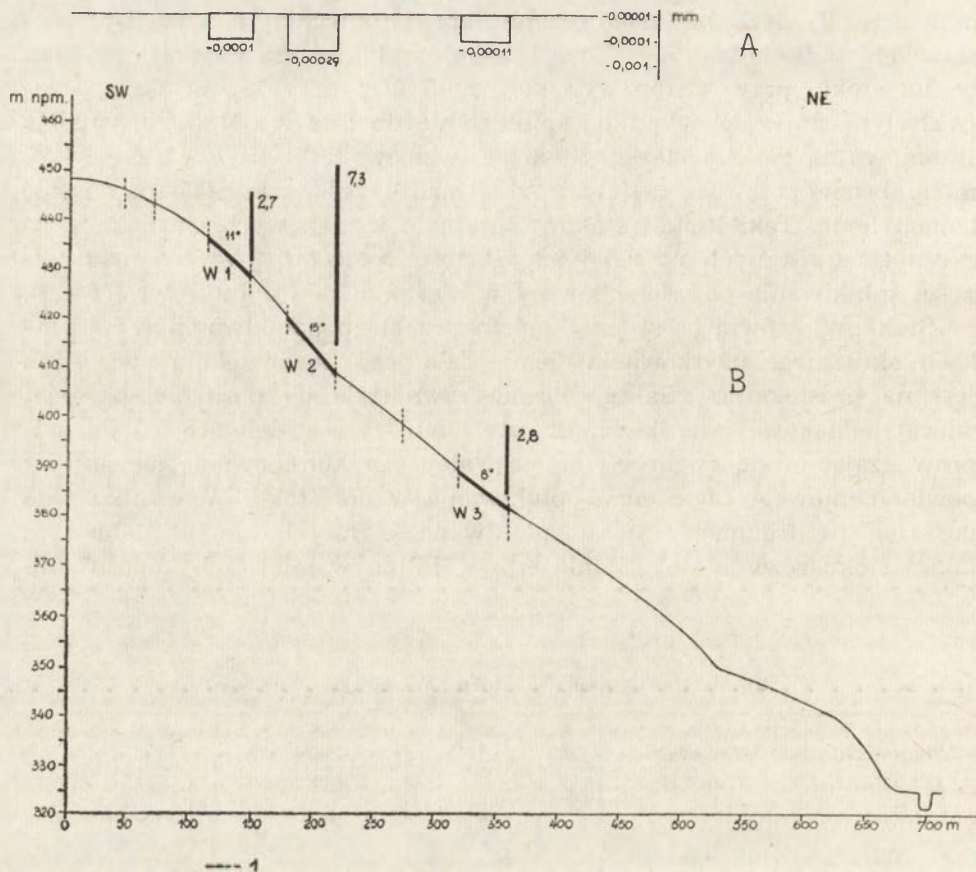
Tabela 17

Rozmiary spłukiwania na stoku „Wiatrówki” w 1969 r.

Stanowisko pomiarowe	Użytkowanie ziemi	Nachylenie maksymalne w stopniach	Spłukiwanie w kg/ha/rok	Długość stoku pomiarowego w m
W1	żyto z wsiewką koniczyny	11	2,7	33
W2	owies	15	7,3	38
W3	pszenica	8	2,8	40

spływu. Na objętych pomiarami fragmentach stoku, równych długością poszczególnym działkom, spłukiwanie nawiązuje przede wszystkim do szaty roślinnej i nachylenia (tab. 17; ryc. 7, 11).

Notowane w ciągu całego okresu obserwacyjnego wartości spłukiwania są małe, ponieważ zboża zapewniały bardzo dobrą ochronę przeciwerozyjną. Obniżenie powierzchni stoku wynosiło 0,0001—0,0003 mm na rok. Spłukiwanie osiągnęło większe wartości jedynie w okresie wczesnowiosennym, kiedy rozkrzewienie roślin jest jeszcze małe oraz w końcu lata, po sprzęcie zbóż. (Na stanowisku W1, gdzie po sprzęcie żyta rozkrzewiła się koniczyna, w końcu lata notowano minimalną erozję). W okresie intensywniejszego modelowania zaznacza się wyraźnie wpływ nachylenia stoku, na stanowisku W2 zanotowano trzykrotnie większe spłukiwanie aniżeli na pozostałych fragmentach stoku o mniejszym nachyleniu (ryc. 11). Porównując wielkość spłukiwania przy podobnych uprawach na stokach



Ryc. 7. Spłukiwanie na stoku „Wiatrówki” na użytkach rolnych w 1969 r.

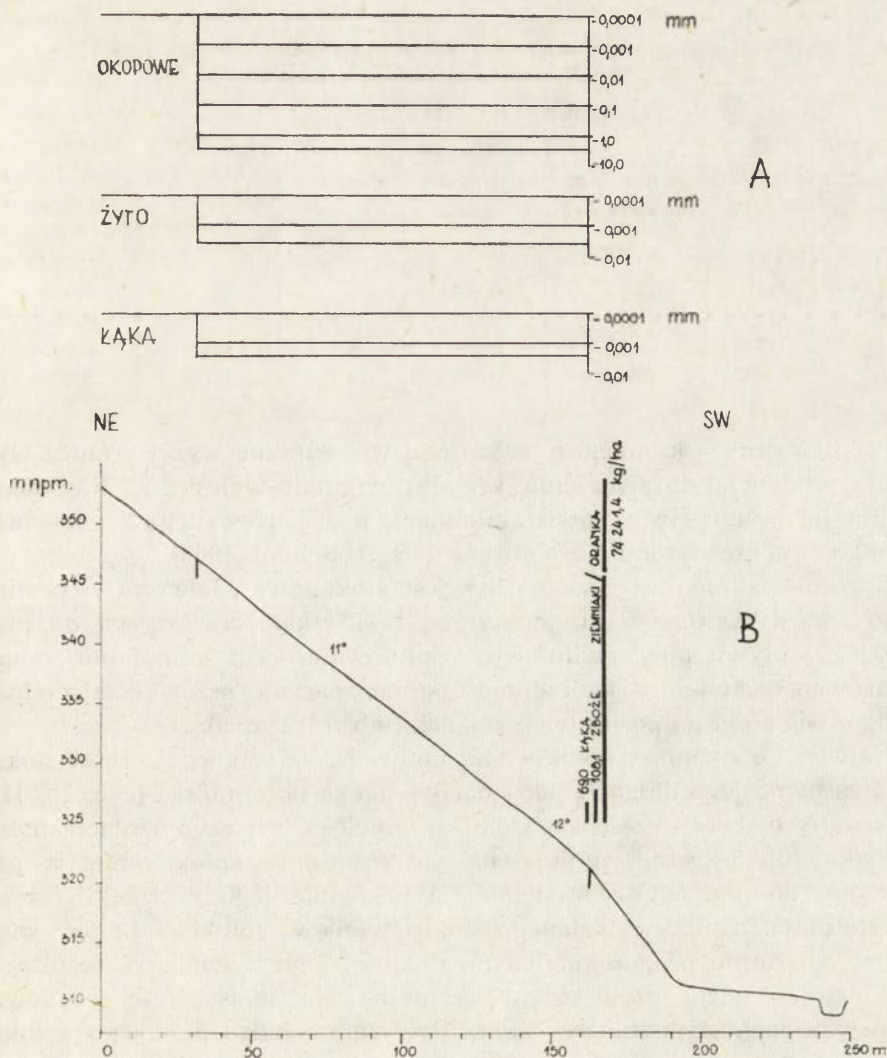
A — wielkość obniżenia stoku w mm/rok. B — profil stoku: 1 — granice poszczególnych użytków rolnych, W1, W2, W3 — fragmenty stoku objęte pomiarem spływu powierzchniowego i spłukiwania, 2,7 — wielkość spłukiwania w kg/ha w roku

#### Slopewash on “Wiatrówki” slope on cultivated land plots in 1969

A — amount of lowering slope surface in mm/year. B — slope profile: 1 — boundaries of particular cultures, W1, W2, W3 — slope fragments where surface flow and slopewash were measured, 2,7 — quantity of annual slopewash in kg/ha

„Wiatrówki” i „IG PAN”, stwierdzono, że wielkość spłukiwania na stoku drugim jest znacznie wyższa niż na pierwszym. Przyczyną tego jest 3—4-krotnie większa długość stoku „IG PAN” (ryc. 8, 7).

Wśród czynników, które wpływają na charakter spłukiwania — szata roślinna oraz nachylenie, przy jednakowych długościach dróg spływu na poszczególnych fragmentach stoku (podobna szerokość działek), sprzyjają zachowaniu się istniejącego kształtu stoku. Szybciej będzie rosła jednak stromość odcinków o większym nachyleniu, a tym samym będzie się tworzył profil schodowy przy przejściu od mniejszych do większych nachyleń. Stromość poszczególnych fragmentów stoku uwarunkowana będzie spłukiwaniem na kolejnych działkach oraz techniką uprawy (przemiesz-



Ryc. 8. Spłukiwanie na stoku doświadczalnym „IG PAN” w 1969 r.

A — wielkość obniżenia stoku w mm/rok. B — profil stoku z granicami poletek doświadczalnych i wielkością spłukiwania na poszczególnych użytkach rolnych w kg/ha w roku

#### Slopewash on experimental “IG PAN” slope in 1969

A — amount of lowering slope surface in mm/year. B — slope profile showing boundaries of experimental plots and quantities of annual siltation on particular cultivated plots in kg/ha

czanie gleby przez narzędzia rolnicze). W przypadku stoku „IG PAN” (ryc. 8) tworzyć się będzie profil złożony. Obserwuje się bowiem wzrost wielkości żłobin erozyjnych i wzrost transportu erozyjnego z biegiem stoku, a jednocześnie utrzymywanie się stałej bazy denudacyjnej na granicy pola ornego z użytkami zielonymi, zajmującymi dolną, stromą część



Rozmiary spłukiwania na stoku leśnym „Jelenia” w 1969 r.

Stanowisko pomiarowe	Długość stoku w m	Średnie nachylenie w stopniach (maksymalne)	Spłukiwanie w kg/ha/rok	Iloraz wzrostu długości stoku	Iloraz wzrostu spłukiwania	Stosunek wielkości spłukiwania do długości stoku
J1	38	12	0,444	1	1	0,012
J2	110	20(25)	0,163	2,9	0,37	0,00015
J3	153	20(22)	0,067	4,0	0,15	0,0004
J4	230	18(20)	0,090	6,1	0,20	0,0004

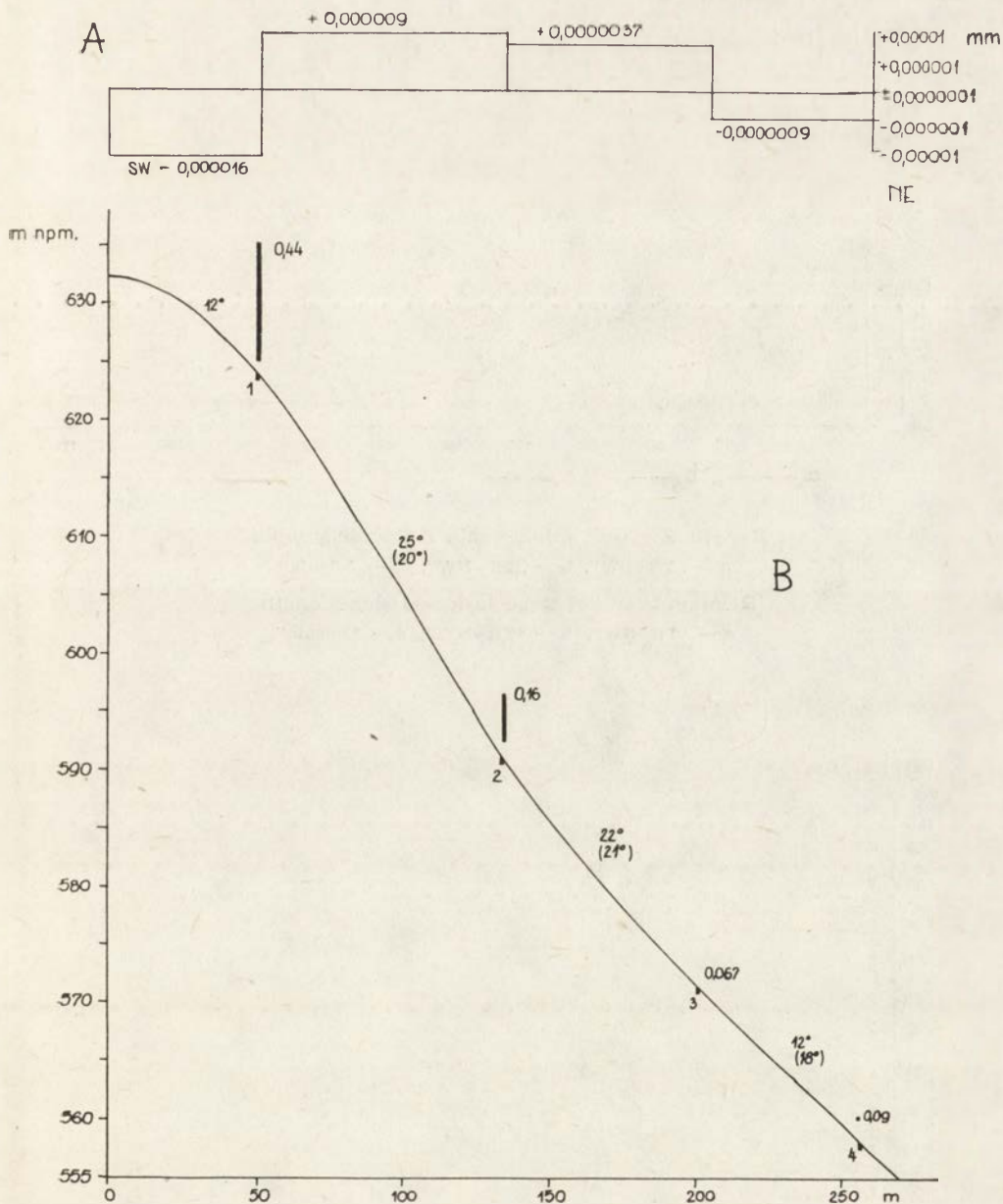
stoku. Stokorny o kształcie prostym nad wspomnianą wyżej granicą wykazuje tendencję do tworzenia kształtu wypukło-wklęsłego. Natomiast poniżej tej granicy, w wyniku akumulacji transportowanego z góry materiału, dolna część stoku może stromieć (S. A. Schum, 1966).

Zupełnie odmiennie modelowany jest stok leśny „Jelenia”, o profilu lekko wklęsłym, reprezentujący rzeźbę beskidzką. Nawiązujące do niewielkiego spływu powierzchniowego spłukiwanie jest minimalne, mimo iż zarówno nachylenie, jak i długość stoku znacznie przewyższają odpowiednie wielkości na pozostałych stokach (tab. 18; ryc. 9).

Największe rozmiary spłukiwania notowane są w górnej części stoku, gdzie zarówno jego długość, jak i nachylenia są najmniejsze (ryc. 10, 11). Na kolejnych dwóch częściach stoku, o największych nachyleniach, notowano kolejno 3-krotne zmniejszenie się rozmiarów spłukiwania, w porównaniu do poprzedniego odcinka, a następnie jego niewielki wzrost na ostatnim fragmencie badanego stoku. Wielkość spłukiwania jest więc niemal odwrotnie proporcjonalna do długości i nachylenia. W rezultacie obniżana jest górna część stoku oraz dolna. Natomiast część środkowa, nieco wklęsła, jest nadbudowywana. Powodem takiego przebiegu spłukiwania jest większa szkieletowość pokryw na stromym stoku, a zatem mniejsza ilość części ziemistych, które mogą być wynoszone. W wyniku większej szkieletowości rośliny przepuszczalność gleb, a maleje spływ powierzchniowy, co również wpływa na zmniejszanie się spłukiwania.

#### PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE PROCESU SPŁUKIWANIA

Intensywność spłukiwania uwarunkowana jest głównie szatą roślinną. W warunkach współczesnego użytkowania ziemi proces ten rozwija się szczególnie na obszarach użytkowanych rolniczo. Stoki z trwałą roślinnością — pastwiskowe, łąkowe, a zwłaszcza leśne — są przeobrażane w sposób bardzo powolny. Intensywność przeobrażania stoków przez spłukiwanie jest bardzo zróżnicowana przestrzennie i czasowo. Powierzchnie

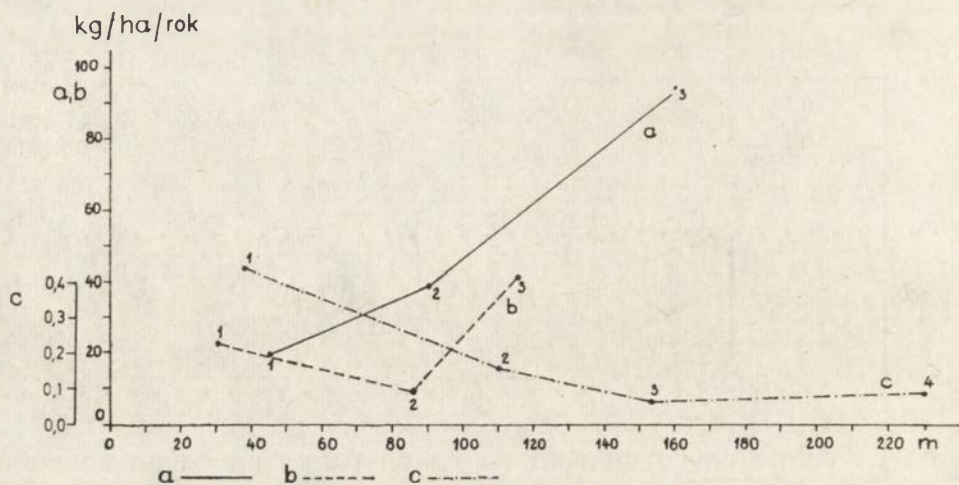


Ryc. 9. Słpukiwanie na stoku leśnym „Jelenia” w 1969 r.

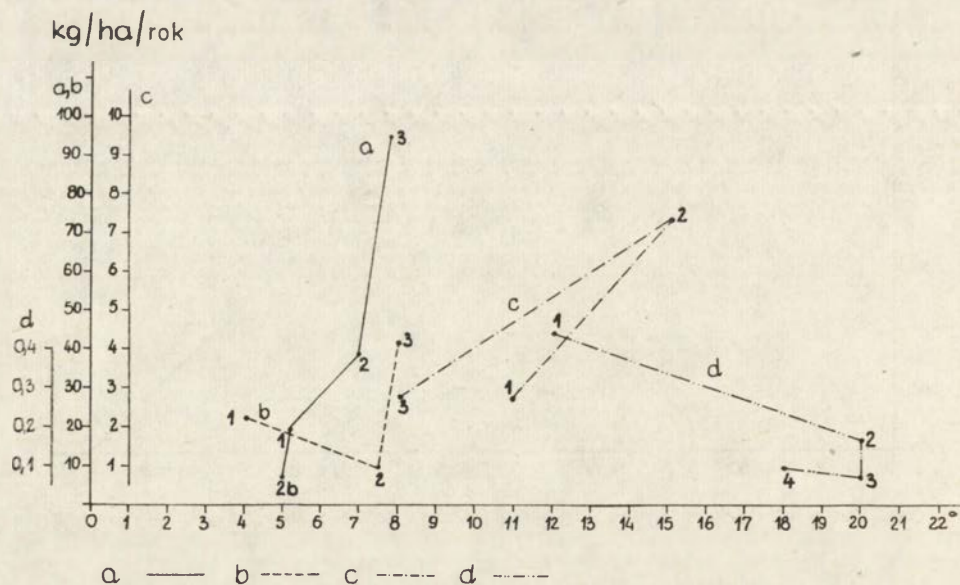
A — wielkość obniżenia lub podwyższenia stoku w mm/rok. B — profil stoku: 0,44 — wielkość słpukiwania w kg/ha w roku, 1—4 — stanowiska pomiarowe

Slopewash on forested “Jelenia” slope in 1969

A — amount of slope surface lowering or raising in mm/year. B — slope profile: 0,44 — quantity of annual slopewash in kg/ha, 1—4 — points where measurements were taken



Ryc. 10. Związek splukiwania z długością stoku  
 a — „TR-SW”, b — „TR-NW”, c — „Jelenia”  
 Relation between siltation and slope length  
 a — “TR-SW”, b — “TR-NW”, c — “Jelenia”



Ryc. 11. Związek splukiwania z nachyleniem stoku  
 a — „TR-SW”, b — „TR-NW”, c — „Wiatrówki”, d — „Jelenia”  
 Relation between siltation and slope inclination  
 a — “TR-SW”, b — “TR-NW”, c — “Wiatrówki”, d — “Jelenia”



Ilość materiału uruchomiona przez splukiwanie na stokach w okolicy Szymbarku w okresie 1 XI 1968–31 III 1970 r.

Okres	Obszar	Wielkość splukiwania w kilogramach					
		zboża		okopowe	użytki zielone	lasy	suma
		ozime	jare				
1 XI–1 XII 1968	zl. Bystrzanki	246,9	8 954	5 895	336	10,8	15 442,7
	zl. Bielanki	123	5 875	3 373	202	15,7	9 588,7
	pozostały obszar	471	8 973	7 952	674	22,8	18 092,8
	Szymbark – gromada	840,9	23 802	17 220	1 212	49,3	43 124,2
1 XII 1968 – 15 IV 1969	zl. Bystrzanki	15 476	191 068	125 795	13 022	4	345 365
	zl. Bielanki	7 708	125 381	71 986	7 851	6	212 732
	pozostały obszar	29 516	191 481	169 689	26 109	8	416 803
	Szymbark – gromada	52 700	507 930	367 470	46 982	18	974 900
15 IV – 10 IX 1969	zl. Bystrzanki	6 770	6 086	8 916 807	8 070	38	8 937 771
	zl. Bielanki	3 372	3 994	5 102 639	4 865	55	5 114 925
	pozostały obszar	12 913	6 099	12 028 172	16 180	80	12 063 444
	Szymbark – gromada	23 055	16 179	26 047 618	29 115	173	26 116 140
10 IX – 1 XII 1969	zl. Bystrzanki	–	4	3	–	4	11
	zl. Bielanki	–	3	2	–	6	11
	pozostały obszar	–	4	4	–	9	17
	Szymbark – gromada	–	11	9	–	19	39
1 XII 1969 – 31 III 1970	zl. Bystrzanki	22 555	190 190	125	794	15	23 679
	zl. Bielanki	11 234	125	72	479	21	11 931
	pozostały obszar	43 018	191	169	1 593	31	45 002
	Szymbark – gromada	76 807	506	366	2 866	67	80 612
Rok 1969	zl. Bystrzanki	22 246	197 158	9 042 605	21 092	46	9 283 147
	zl. Bielanki	11 080	129 378	5 174 627	12 716	67	5 327 868
	pozostały obszar	42 429	197 584	12 197 865	42 289	97	12 480 264
	Szymbark – gromada	75 755	524 120	26 415 097	76 097	210	27 091 279

stoków podzielone na działki o wielkości 0,2—0,3 ha w wyniku zmianowania corocznie posiadają inną szatę roślinną: od trwałej całorocznej pokrywy roślinnej, jak koniczyny, do zupełnego braku roślinności lub jej niedostatecznej zwartości, w przypadku upraw okopowych. Pomiędzy tymi ekstremami znajdują się lata z uprawami zbóż ozimych lub jarych, które w mniejszym lub większym stopniu ograniczają rozwój splukiwania. Cały cykl uprawowy zamyka się w okresie pięciu lat, kiedy ta sama uprawa wraca na daną działkę. Na obszarze wsi Szymbark, Bystra i Bielanka, obejmującym zlewnie Bystrzanki, Bielanki i część zlewni Ropy, występuje duże zróżnicowanie w wielkości powierzchni stoków, które są intensywnie przeobrażane przez splukiwanie.

Biorąc pod uwagę użytkowanie ziemi (tab. 12) oraz odpowiadające temu użytkowaniu wielkości splukiwania, notowane na poletkach doświadczalnych (tab. 13), obliczono szacunkowo ilość materiału, który był przynoszony na stokach w okolicy Szymbarku (tab. 19). W obliczeniach nie uwzględniono zróżnicowania erozji gleb wynikającego z nachyleń stoków, gdyż przyjęto, że średnie nachylenie poszczególnych części obszaru wynosi od 10 do 12°. Wartości te nie odbiegają zbytnio od nachyleń na stokach doświadczalnych (11°).

Z przedstawionych danych (tab. 13, 19), dotyczących splukiwania wynika, iż pomiędzy północną i południową częścią obszaru zaznacza się wyraźnie zróżnicowanie regionalne. Zlewnia Bystrzanki i wschodnia część Szymbarku leżą na obszarze Pogórza Karpackiego, o przewadze użytkowania rolniczego. Natomiast pozostała część terenu, położona w obrębie Beskidu Niskiego, ma znacznie większy udział powierzchni leśnych, a mniejszą powierzchnię upraw okopowych. Stąd też ilość materiału, jaka była przemieszczana na stokach przy tej samej powierzchni ogólnej, jest w zlewni Bielanki 1,8 razy mniejsza aniżeli w zlewni Bystrzanki. O prze-

Tabela 20

Wskaźnik denudacji na powierzchniach użytków rolnych w poszczególnych częściach badanego obszaru w 1969 r.

Obszar	Użytki rolne		Powierzchnia ogółem	
	splukiwanie w m <sup>3</sup>	wskaźnik denudacji w mm/rok	splukiwanie w m <sup>3</sup>	wskaźnik denudacji w mm/rok
Zlewnia Bystrzanki	3 713,24	0,4537	3 713,25	0,2731
Zlewnia Bielanki	2 131,12	0,4459	2 131,14	0,1683
Pozostały obszar	4 992,0	0,3683	4 992,1	0,1999
Szymbark — —gromada	10 836,42	0,4087	10 836,5	0,2115

strzennym zróżnicowaniu spłukiwania decyduje zatem rzeźba i nawiązujące do niej użytkowanie ziemi. Natomiast zróżnicowanie wskaźnika denudacji (tab. 20) na powierzchni użytków rolnych nie jest duże. Jest on odbiciem struktury upraw w poszczególnych obszarach. Wyraża większą powierzchnię zajętą w zlewni Bystrzanki przez okopowe oraz większy udział w obrębie Szymbarku i w Bystrej, poza zlewnią Bystrzanki, użytków zielonych (trwałych i nietrwałych). Powierzchnie użytków rolnych wykazują tempo denudacji ponad 100 000 razy większe aniżeli powierzchnie leśne.

Wskaźnik denudacji obliczony dla zlewni nie daje jasnego obrazu spłukiwania, orientuje tylko w sposób ogólny o intensywności procesu. Najlepszym przykładem jest tu zlewnia Bielanki, gdzie 64% powierzchni zajmuje las, w którym spłukiwanie jest minimalne, osiągając na pozostałych użytkach znacznie większe rozmiary.

Obliczone wielkości spłukiwania dla poszczególnych użytków, czy za ich pośrednictwem dla większych obszarów, nie lokalizują dokładnie powierzchni o różnym natężeniu spłukiwania. Dotyczą jedynie takich warunków fizycznogeograficznych i użytkowania, na jakich były przeprowadzone pomiary. Aby przejść od badań stacjonarnych punktowych do określenia przestrzennego zróżnicowania spłukiwania, posłużono się formułą matematyczną ułożoną przez K. Zdražila. Równanie to zostało oparte o badania R. K. Freverta (za O. Stehlikiem 1970) w celu określenia potencjalnej erozji gleb w Czechosłowacji (E. Gil 1974):

$$X = D \times G \times P \times S,$$

gdzie:

- $X$  — potencjalna erozja gleby w mm/rok,
- $D$  — współczynnik określający warunki klimatyczne,
- $G$  — współczynnik określający warunki geologiczne,
- $P$  — współczynnik określający warunki glebowe,
- $S$  — współczynnik nachylenia stoku.

Według autorów wzoru dokładność jego wzrasta ze zmniejszaniem się powierzchni, dla których przeprowadzane są obliczenia. We wzorze tym współczynniki  $D$ ,  $G$ ,  $P$  mają charakter regionalny, zmieniając się w zależności od budowy geologicznej, typu gleb, wielkości i intensywności opadów. Współczynnik nachylenia stoku  $S$  ma charakter uniwersalny, astrefowy, jako czynnik grawitacyjny, od którego zależy energia wody spływającej po stoku. Według R. K. Freverta (O. Stehlik 1970) jego zależność od nachylenia stoku wyraża równanie określone parabolą zbliżoną do prostej:

$$S = -0,24 + 0,106p + 0,0028p^2,$$

gdzie:

$p$  — nachylenie stoku w procentach. Wartość współczynnika  $S$  dla niektórych nachyleń przedstawia tabela 21.



Tabela 21

Wartość współczynnika  $S$  dla różnych nachyleń

Nachylenie w %	10	20	30
Współczynnik $S$	1,1	3,0	5,46

Ponieważ spłukiwanie dotyczy głównie obszarów użytkowanych rolniczo, które na obszarze Szymbarku mimo wielu cech odmiennych nie różnią się od siebie zdecydowanie pod względem warunków fizyczno-geograficznych, założono, że współczynniki  $D \times G \times P = \text{constans} = A$ . Równanie na określenie erozji potencjalnej przybierze wówczas postać:

$$X = A \times S.$$

Dysponując pomiarami wielkości spłukiwania dla różnych użytków, na znanych nachyleniach stoków i odpowiadającemu tym nachyleniom współczynnikowi  $S$ , obliczono z ostatniego wzoru współczynnik  $A$ , który zgodnie z przyjętym założeniem dla całego obszaru ma wartość stałą (tab. 22).

Tabela 22

Wartość współczynnika  $A$  obliczona w oparciu o wielkość spłukiwania pomierzonego na stokach doświadczalnych w Szymbarku

Użytkowanie ziemi	Nachylenie w %	Współczynnik $S$	Wskaźnik denudacji w mm/rok	Współczynnik $A$
Okopowe	20,5	3,1	2,970	0,955
Zboża	20,0	3,0	0,0042	0,0014
Użytki zielone	19,1	2,8	0,0028	0,0009
Lasy	32,6	6,19	0,000007	0,000001

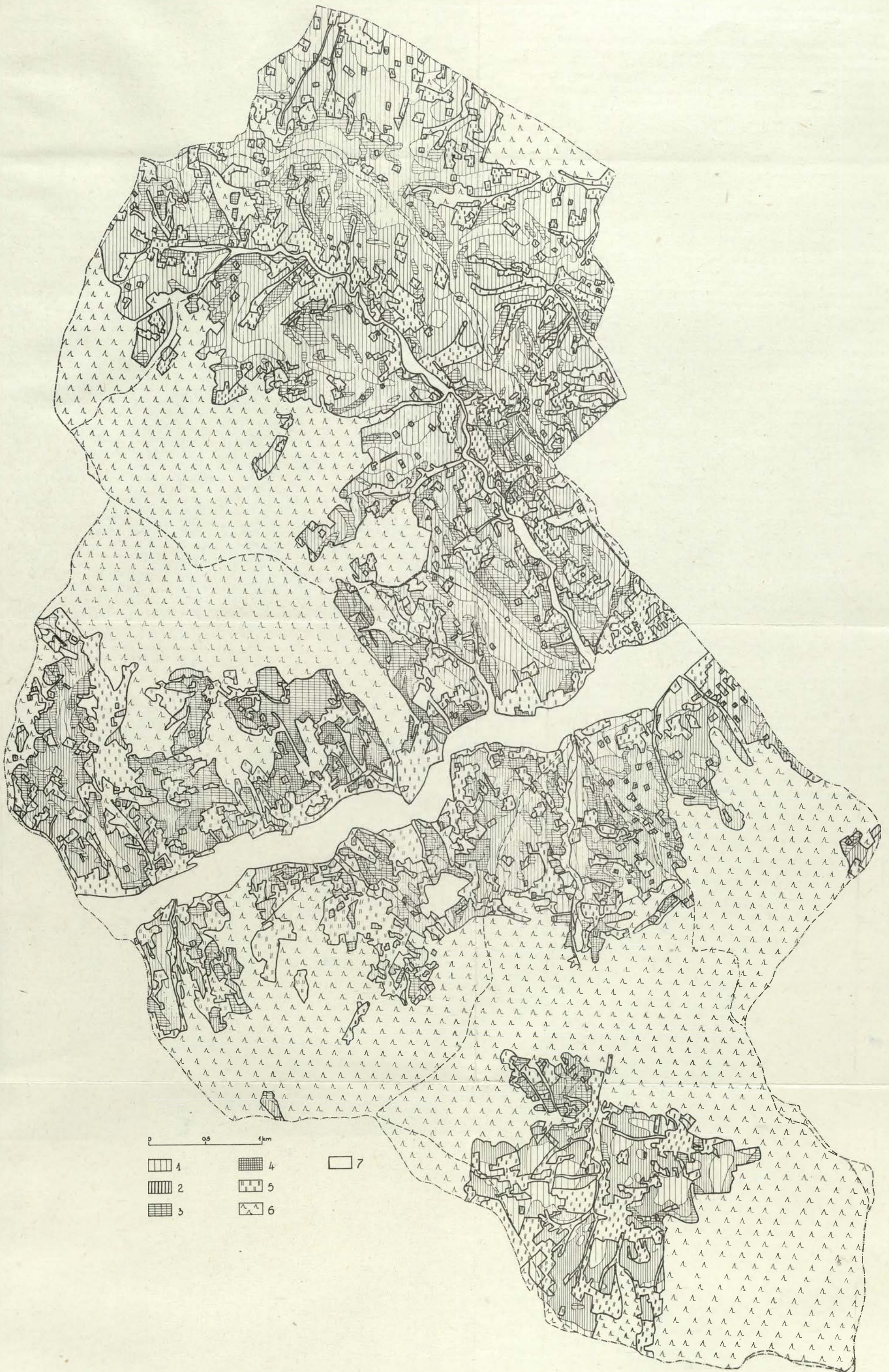
Podstawiając do wzoru  $X = A \times S$  wartość współczynnika  $A$  z tabeli 22 i wartość współczynnika  $S$  z tabeli 21, obliczono wielkość spłukiwania dla nachyleń 10, 20, 30%, dla różnych użytków rolnych w mm/rok i w tonach/rok (tab. 23).

Tabela 23

Spłukiwanie w mm/rok i w tonach/rok w okolicy Szymbarku w 1969 r.

Nachylenie w %	Współczynnik $S$	Spłukiwanie w mm/rok			
		okopowe	zboża	użytki zielone	lasy
10	1,1	1,050	0,0015	0,001	0,000 001
20	3,0	2,965	0,0042	0,0027	0,000 003
30	5,46	5,214	0,0076	0,005	0,000 004
Spłukiwanie w tonach/ha w roku					
10	1,1	26,1	0,038	0,02	0,000 028
20	3,0	71,6	0,105	0,07	0,000 075
30	5,46	130,0	0,19	0,125	0,000 135





Ryc. 12. Mapa maksymalnego splukiwania rzeczywistego na stokach w okolicy Szymbarku w 1969 r.

Użytki rolne: 1 — poniżej 26,0 ton/ha, 2 — 26—71,0 ton/ha, 3 — 71—130,0 ton/ha, 4 — ponad 130,0 ton/ha, 5 — łąki, pastwiska poniżej 0,2 ton/ha, 6 — lasy poniżej 0,0002 ton/ha, 7 — dna dolin (z tendencją do akumulacji)

Map of virtual maximum slopewash on slopes of the Szymbark region in 1969

On cultivated land: 1 — less than 26.0 t/ha, 2 — 26, to 71.0 t/ha, 3 — 71 to 130.0 t/ha, 4 — more than 130 t/ha, 5 — on meadows, pastures: less than 0.2 t/ha, 6 — in forests less than 0.0002 t/ha, 7 — on valley floors (leaning towards accumulation)



W równaniu tym dużą rolę odgrywa współczynnik  $S$ , zależny od nachylenia stoku. Wydaje się, że wobec pocięcia stoku na wiele niezależnych działek rola nachylenia stoku w warunkach spłukiwania jest tym bardziej istotna. Większą rolę w przebiegu spłukiwania odgrywają spadki aniżeli długość stoku, która nie jest jednoznaczna z długością drogi spływu. Dużą rolę spadków potwierdzają obserwacje na stoku „Wiatrówki”, „TR—SW”, „TR—NW”.

Zależność rozmiarów spłukiwania od nachylenia stoków pozwoliła na przestrzenne przedstawienie procesów spłukiwania na stokach. Wykreślając na mapie powierzchnie o wielkościach spłukiwania przyjętych w klasach nachyleń, otrzymujemy przestrzenne zróżnicowanie spłukiwania rzeczywistego, maksymalnego — pod okopowymi (tab. 24). Przyjęcie spłu-

Tabela 24

Spłukiwanie maksymalne na stokach w Szymbarku w przyjętych klasach nachyleń w 1969 r

Klasy nachyleń w %	<10	10—20	20—30	> 30
Spłukiwanie w tonach/ha/rok	<26,0	26,0—71,0	71,0—130,0	>130,0

kiwania pod okopowymi, jako podstawę do obliczeń zjawiska w ujęciu przestrzennym wynika stąd, że największa ilość materiału zmywanego ze stoków pochodzi z pól zajętych pod te uprawy (por. rozdz. o roli szaty roślinnej).

Rozmiary spłukiwania obliczone dla całości badanego obszaru odnoszą się do okresu z uprawami okopowymi, z zastrzeżeniem, iż cały teren musiałby być zajęty przez te uprawy. Ponieważ zmianowanie stosowane powszechnie w rejonie Szymbarku zamyka się w cyklu 5-letnim oraz około 1/5 powierzchni gruntów ornych zajęta jest pod uprawy okopowe, obliczone rozmiary spłukiwania należy przyjąć dla całego areалу gruntów ornych w odniesieniu do cyklu 5-letniego. Dzieląc podane wartości w po-

Tabela 25

Powierzchnia gruntów ornych w okolicy Szymbarku

Obszar	Powierzchnia gruntów ornych w klasach nachyleń								ogółem ha
	0—10°		10—20°		20—30°		> 30°		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
Zlewnia Bystrzanki	81,5	12,5	400,4	61,5	136,9	21,0	31,6	5,0	650,4
Zlewnia Bielanki	73,7	26,5	159,4	57,4	34,2	12,3	10,3	3,8	277,6
Pozostały obszar	123,4	13,9	432,9	48,8	254,9	27,7	85,7	9,6	887,9
Szymbark — gromada	278,6	15,3	992,7	54,7	417,0	23,0	127,6	7,0	1 815,9



szczególnych klasach nachyleń (tab. 24) przez 5, otrzymujemy rozmiary spłukiwania w ciągu roku. W obrębie przyjętych klas nachyleń wartości skrajne różnią się między sobą. Ponieważ krzywa zależności spłukiwania od nachylenia jest parabolą zbliżoną do prostej, jako wartości reprezentujące daną klasę, przyjęto średnią arytmetyczną ze skrajnych wartości w danej klasie. Wartości spłukiwania na prezentowanym terenie obliczono mnożąc powierzchnię gruntów ornych w poszczególnych klasach nachyleń przez wielkość spłukiwania w danej klasie. Powierzchnie gruntów ornych w przyjętych klasach nachyleń przedstawia tabela 25. Obliczone przy uwzględnieniu nachyleń wielkości spłukiwania na gruntach ornych w ciągu roku (1969) zestawiono w tabeli 26.

Według załączonej ryciny (12) ponad połowa powierzchni stoków użytkowanych jako grunty orne (54%) znajduje się w klasie spłukiwania 26—71 ton/ha w roku (stoki o nachyleniu 10—20%), a dalsze 23% powierzchni w klasie spłukiwania 71—130 ton/ha w roku (stoki o nachyleniu 20—30%). Na najwyższe wartości spłukiwania, ponad 130 ton/ha w roku (stoki o nachyleniu ponad 30%), przypada 7% powierzchni pól na stokach. Najmniejsze spłukiwanie, poniżej 26 ton/ha w roku na stokach o nachyleniu poniżej 10%, notowane jest na 15% powierzchni gruntów ornych.

Tabela 26

Rozmiary spłukiwania maksymalnego na gruntach ornych (pod okopowymi) w 1969 r.  
w gromadzie Szymbark

Obszar	Spłukiwanie w klasach nachyleń w tonach				
	0—10%	10—20%	20—30%	30%	rok
Zlewnia Bystrzanki	424,0	3 844,0	2 738,0	821,0	7 8270
Zlewnia Bielanki	383,0	1 530,0	684,0	268,0	2 8650
Pozostały obszar	641,0	4 156,0	4 918,0	2 224,0	11 9390
Szymbark—gromada	1 448,0	9 530,0	8 340,0	3 313,0	22 6310

Rozmieszczenie powierzchni o silnym rozwoju spłukiwania nawiązuje do urozmaiconej rzeźby terenu (duże spadki, głębokie rozcięcia stoków, deniwelacje). Obszarem o prawdopodobnie największym rozwoju spłukiwania są południowe stoki Maślanej Góry, zwłaszcza ich środkowe i dolne partie, oraz zbocza głęboko wciętych dolin bocznych. Duże powierzchnie stoków o silnym spłukiwaniu znajdują się również w dolnej części zlewni Bystrzanki, a nieco mniejsze w jej części górnej oraz w obrębie garbów pogórskich na południe od doliny Ropy. W środkowej części zlewni Bystrzanki, w Kotlinie Bielanki, oraz w północno-wschodniej części omawianego obszaru (ryc. 12) przeważają mniejsze wartości spłukiwania. Z analizy wielkości spłukiwania w profilu stoków wynika, że jest ono mniejsze na wierzchowinie i u podnóży (te ostatnie zajęte są przeważnie przez osadnictwo i użytki zielone). Natomiast najwyższe wartości

spłukiwania występują w środkowych, czasem w dolnych częściach profilu, zwłaszcza na wypukłych fragmentach stoków, co jest zgodne z pomiarami na stokach: „Wiatrówki”, „IG PAN”, „TR—SW”, „TR—NW”. Szczególnie intensywnie są spłukiwane zaorane strome stoki nisz osuwiskowych (np. zbocza doliny Bystrzanki). Taki przebieg procesu i jego przestrzenne zróżnicowanie prowadzi do podkreślenia kontrastów morfologicznych, przy zachowaniu istniejącego kształtu stoku. Pasmowy układ stref o różnej intensywności spłukiwania na stoku, z maksimum zazwyczaj w jego części środkowej wskazuje (ryc. 12), że część materiału powinna być akumulowana w dolnej części stoków, zwłaszcza na granicy użytków rolnych i zielonych, a także w dnie doliny. Dowodem tej akumulacji może być przypowierzchniowa, grubsza warstwa gleby u podnóża stoków, w stosunku do warstw zalegających jego wyższe części. Osiąga ona miąższość do 1,0 m (stok „IG PAN”, „TR—NW” i in.), podczas gdy wyżej na stoku nie przekracza zwykle 0,3 m lub jej brak (B. Adamczyk i in. 1973).

W porównaniu do rozmiarów spłukiwania na polach ornych, powierzchni z trwałymi użytkami zielonymi i lasy są wielokrotnie słabiej erodowane. Na przykład przy nachyleniu 30% spłukiwanie na trwałych użytkach zielonych wynosi 0,125 ton/ha w roku, a w lesie przy takim samym nachyleniu osiąga zaledwie 0,000135 ton/ha w roku. Z tego też względu na mapie (ryc. 12), nie poprowadzono na tych użytkach granic zróżnicowania spłukiwania w zależności od nachylenia stoku, a podano tylko typ użytkowania, informujący o rzędzie wielkości denudacji (por. tab. 23).

Przedstawiony na mapie obraz spłukiwania na stokach wskazuje na duże zróżnicowanie przestrzenne zjawiska. Ilustruje on również tempo i kierunek zmian w profilu stoku. Obliczenie rozmiarów denudacji, które przedstawiono, jest znacznie dokładniejsze i oddaje wierniej rozmiary i tempo przeobrażeń na stokach wywołanych spłukiwaniem aniżeli określanie rozmiarów denudacji w obrębie zlewni jedynie na podstawie pomiarów ilości materiału unoszonego w korycie rzeki czy teoretycznych opracowań erozji potencjalnej.

Interesujące jest porównanie wyników dwóch metod obliczenia rozmiarów spłukiwania na stokach: a) metody obliczania spłukiwania na powierzchniach różnie użytkowanych, w oparciu o pomiary transportu na stokach reprezentacyjnych (tab. 19) na odpowiednich użytkach rolnych; b) przy zastosowaniu wzoru matematycznego modyfikującego wielkość spłukiwania pomierzoną na stokach reprezentacyjnych na odpowiednich użytkach rolnych zależnie od nachylenia stoku (tab. 26, 27).

Na wszystkich trzech przedstawionych terenach sumy spłukiwania obliczone przy uwzględnieniu nachyleń stoku są mniejsze aniżeli przy uwzględnieniu samego tylko użytkowania ziemi. Różnice wielkości denudacji na stokach, obliczonej obu metodami, zależą od wielkości



Porównanie rozmiarów spłukiwania na terenie gromady Szymbark obliczonych dla użytków rolnych bez (tab. 19) i z uwzględnieniem (tab. 26) nachylenia stoku

Obszar	Wielkość spłukiwania wg tab. 19 bez uwzględnienia nachyleń stoków		Wielkość spłukiwania wg tab. 26 z uwzględnieniem nachyleń stoków	
	w m <sup>3</sup> /rok	wskaźnik denudacji w mm/rok	w m <sup>3</sup> /rok	wskaźnik denudacji w mm/rok
Zlewnia Bystrzanki	3 704	0,5696	3 131	0,4813
Zlewnia Bielanki	2 126	0,6260	1 146	0,4128
Pozostały obszar	4 975	0,5123	4 777	0,3956
Szymbark — gromada	10 805	0,5510	9 054	0,4985

zróznicowania nachyleń w obrębie charakterystycznego obszaru oraz od tego, na jakich nachyleniach stoków były przeprowadzone pomiary. Będą one tym mniejsze, im bardziej podobną wielkość będą miały powierzchnie zajęte przez ekstremalne nachylenia, a pomiar prowadzony będzie na stokach o nachyleniu zbliżonym do średniego nachylenia obszaru (por. zlewnie Bystrzanki i Bielanki). Ilość materiału jaka jest uruchamiana na stokach będzie znacznie większa, jeśli uwzględnimy erozję liniową w bruzdach ograniczających poszczególne działki oraz drogi polne odprowadzające wodę ze stoku.

#### RELACJA WIELKOŚCI SPŁUKIWANIA NA STOKACH DO ILOŚCI MATERIAŁU UNOSZONEGO ODTRANSPORTOWANEGO ZE ZLEWNI PRZEZ POTOK

W obserwowanych przypadkach przebiegu i rozmiarów spłukiwania relacje ilości materiału uruchamianego na stokach do wynoszonego przez potok ze zlewni kształtowały się różnie. Spłukiwanie na stokach odbywa się etapami, z różną intensywnością na poszczególnych fragmentach stoku, w tym samym czasie. Zmiana użytkowania w profilu stoku powoduje w jednym przypadku wzrost energii i erozję, a w innym akumulację. Odprowadzanie wyerodowanego na stokach materiału do koryta potoku jest zwykle możliwe tylko z działek położonych nad korytem. Do koryt rzecznych dociera natomiast znaczna ilość materiału wymyta z bruzd ograniczających działki i z dróg polnych. Długość tych dodatkowych dróg spływu znacznie przewyższa stałą sieć odwadniającą. W zlewni Bystrzanki, w obrębie pól uprawnych, gęstość ich wynosi 35 km/km<sup>2</sup> (J. Słupik 1973a), a więc na obszarze 8,5 km<sup>2</sup> wynosi ona co najmniej 300 km. O ile na powierzchniach stoków dopiero opad rzędu 20 mm i o dużej intensywności może wywołać spływ i spłukiwanie, to na drogach i bruzdach powstaje spływ nawet podczas kilkumilimetrowych opadów (utwardzone podłoże nie sprzyja wsiąkaniu). Stąd też częstotliwość występowania spłukiwania jest tu znacznie większa aniżeli na powierzchni stoków. Koncen-



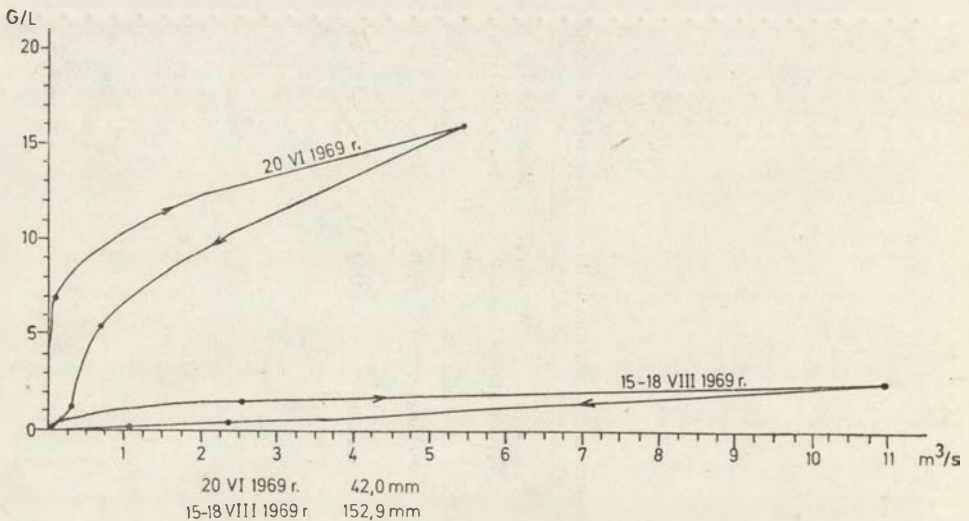
Tabela 28

Wielkość splukiwania na stokach zlewni Bystrzanki a ilość materiału unoszonego odprowadzana przez Bystrzanke ze zlewni podczas różnego typu opadów

Data	Typ opadu	Wysokość opadu w mm	Ilość materiału uruchomionego przez splukiwanie na stokach w kg	Ilość materiału unoszonego odprowadzona ze zlewni w kg	Stosunek ilości materiału przemieszczonego na stokach do odprowadzonego ze zlewni
20 VI 1969 r.	nawalny	42,0	4 019 410	129 600	31 : 1
15—18 VIII 1969 r.	rozlewny	152,9	43 204	1 038 364	1 : 24

tracja wody na liniach spływu doprowadza do silnego rozcięcia podłoża, czego dowodem było pogłębienie się wielu odcinków dróg polnych, średnio o 5—10 cm, w czasie deszczów rozlewnych w sierpniu (15—18) 1969 r. O silnej erozji dróg i bruzd świadczą stożki akumulacyjne u wylotu do dna doliny, złożone w dużej części z głazów kilkunastocentymetrowej średnicy.

Udział materiału uruchamianego na stokach w ilości materiału wynoszonego przez potok ze zlewni jest zależny od gwałtowności spływu powierzchniowego, a zatem od charakteru opadów. W czasie gwałtownych ulew burzowych na stokach słabo chronionych roślinnością splukiwana jest olbrzymia ilość materiału. Transport odbywa się wówczas na małe odległości, ze względu na krótkotrwałość procesu, a materiał akumulowany jest na fragmentach stoków z bujną roślinnością (użytki zielone, zboża) oraz w dnie doliny. Na przykład podczas deszczu nawalnego w dniu 20 VI 1969 r. ilość materiału uruchamianego na stokach była 31 razy większa od ilości materiału unoszonego, odprowadzonego ze zlewni przez Bystrzanę (tab. 28; ryc. 13). Natomiast podczas opadów rozlewnych powoli formowany spływ powierzchniowy nie wywołuje dużego splukiwania na powierzchni stoków. Silna erozja odbywa się wtedy w miejscach koncentracji spływu (drogi polne, bruzdy), a ze względu na długotrwałe, wysokie stany wód, zachodzi silne przeobrażanie koryt rzecznych. Duże ilości materiału dostarczają wtedy do koryta drobne zerwy i osuwiska powstające w miejscu podcięcia stoków przez potok (ich powstaniu sprzy-



Ryc. 13. Zależność ilości materiału unoszonego od objętości przepływu w Bystrzance podczas wezbrań wywołanych różnymi typami opadów

Dependence of material carried off upon flow volume in Bystrzanca stream during high water stages caused by various types of precipitation

ja całkowite nasycenie gruntu wodą). Ilość materiału wynoszonego ze zlewni Bystrzanki przy deszczach tego typu była 24-krotnie większa od ilości przemieszczanej przez splukiwanie na powierzchniach stoków. A. Welc (1972) określa udział materiału ze stoków w ilości materiału unoszonego, wytransportowanego ze zlewni Bystrzanki podczas opadów obu typów w 1970 r., jako nie przekraczający 10%. Natomiast L. Starkel (1972) stwierdza, że ilość materiału przemieszczana na stokach wielokrotnie przewyższa sumy wynoszone przez cieki, ale z kolei ilość materiału wynoszonego ciekami przekracza dwukrotnie rozmiary dostawy ze stoków. Z przytoczonych danych wynika, że w relacji stok—koryto rzeki dużą rolę odgrywa czas trwania procesu o określonej intensywności (możliwości transportowe wody). Czas ten jest konieczny na przemieszczenie wyerodowanego na stokach materiału do koryta rzeki. W przypadku pomiarów A. Welca (1972) zarówno opad burzowy, jak i rozlewny zbliżone były intensywnością, co uwidoczniło się w charakterze splukiwania na stokach i transporcie w korycie. Natomiast ocena ilości materiału ze stoków w ilości materiału wynoszonego ze zlewni jest trudna do uchwycenia. Stosunkowo niskie stany wody w Bystrzance podczas ulewy w dniu 20 czerwca 1969 r., przy jednocześnie wysokiej koncentracji materiału (ryc. 13), wskazują, że znaczna (a może nawet przeważająca) jego część pochodzi ze stoków, na których w tym czasie splukiwanie było bardzo duże. Jednak niska koncentracja materiału w korycie potoku podczas deszczów rozlewnych w dniach 15—18 VIII 1969 r. w stosunku do ilości płynącej wody, przy jednocześnie małej ilości materiału splukiwanego na stoku świadczy, że główne jego źródło znajdowało się w korytach cieków i innych drogach spływu. Nie można więc określać powierzchniowej denudacji w zlewni na podstawie pomiarów zawiesiny wykonanych tylko w korytach potoków (L. Starkel 1972).

#### SPLUKIWANIE A PROBLEM OCHRONY ZASOBÓW GLEBY

Intensywny rozwój splukiwania na stokach górskich użytkowanych rolniczo powoduje duże straty w zasobach glebowych. Splukiwaniu podlega najbardziej cenna, powierzchniowa warstwa gleby, będąca podstawą produkcji roślinnej. Na stromych stokach warstwa próchniczna ograniczona jest tylko do poziomu ornego coraz bardziej zubożanego w mineralne i organiczne składniki. Naturalne procesy glebowe mogą wyrównać te straty do określonej wielkości splukiwania. K. M. Markoczeva (1972) podaje za badaczami amerykańskimi, że dla gleb o niewielkiej głębokości splukiwanie nie może przekroczyć 5—6 ton/ha w roku. Z przedstawionych danych wynika, że na przeważającym obszarze w Szymbarku splukiwanie znacznie przekracza tę wartość, co prowadzi do trwałej degradacji gleby. Zwłaszcza niebezpieczne są uprawy okopowych i innych roślin, które w niedostateczny sposób chronią glebę przed



erozją. Uprawy te należałoby wyeliminować ze stromych stoków (powyżej 10%), wprowadzając na ich miejsce użytki zielone (trwałe i nietrwałe) lub las. Wprawdzie częściowe sterasowanie stoków, poprzeczny do nachyleń układ działek, duża ich ilość oraz różnorodność kultur, ograniczają wielkość erozji, ale nie jest to wystarczające dla ochrony zasobów glebowych. Proces splukiwania nie ogranicza się tylko do strat gleby i zmniejszania ich możliwości produkcyjnych, ale odbija się w sposób bardzo niekorzystny na krążeniu wody (por. J. Słupik 1973). Wraz z głębokością maleje przepuszczalność pokryw, przez co zmniejsza się ich retencyjność, a wzrasta spływ powierzchniowy. Dlatego też stosunki wodne na stokach wymagają uregulowania. Dotyczy to zwłaszcza sposobu odprowadzania nadmiaru spływającej powierzchniowo wody ze stoków. Obecnie temu celowi służą drogi polne, które często źle poprowadzone i utrzymane są systematycznie niszczone przez erozję liniową. Niszczenie dróg obserwowane jest zwłaszcza w obszarach leśnych. Przeważający w lesie spływ podpowierzchniowy znajduje tu bardzo dobre warunki koncentracji w rozcięciach drogowych, zmieniając je w głębokie wciosy.

Ochrona zasobów środowiska geograficznego, w tym również gleby, wymaga działania kompleksowego, opartego na znajomości praw rządzących w przyrodzie. Jest to tym bardziej konieczne, że przemiany zachodzące w środowisku naturalnym postępują coraz szybciej, w wyniku coraz większej ingerencji człowieka. Odnosi się to w dużym stopniu do prac zmierzających do intensyfikacji produkcji rolnej. W obszarze górskim zwłaszcza naruszenie równowagi środowiska może doprowadzić do trwałej degradacji zasobów gleby.

#### IV. WYNIKI I WNIOSKI

Analizowane wyniki stacjonarnych badań nad spłukiwaniem gleby na stokach, które prowadzono na Stacji Naukowej w Szymbarku, odnoszą się do stosunkowo krótkiego czasu rozwoju procesów spłukiwania. Niemniej jednak jednoczesność prowadzenia obserwacji zjawisk na kilku stokach, jak również możliwość korzystania z wyników badań nad zagadnieniami związanymi pośrednio lub bezpośrednio ze spłukiwaniem (krażeniem wody, glebami, szatą roślinną, klimatem), pozwala na sformułowanie wstępnych wniosków dotyczących zarówno przebiegu spłukiwania na stokach Karpat fliszowych (wnioski 1—8), jak i metodyki badań (wnioski 9—13).

1. Zróżnicowanie natężenia spłukiwania w ciągu całego roku zależy przede wszystkim od szaty roślinnej i użytkowania ziemi, które decydują o warunkach spływu powierzchniowego. Największe natężenie erozji gleb zachodzi na powierzchniach pozbawionych szaty roślinnej lub chronionych w niedostatecznym stopniu przez roślinność (okopowe itp.).

2. Siłę erozyjną wody i wielkość spłukiwania określają warunki infiltracji i spływu powierzchniowego. Ilość spłukiwanego materiału zależy od intensywności spływu powierzchniowego, zwłaszcza jego maksymalnych wartości. Objętość spływu powierzchniowego ma natomiast mniejsze znaczenie w przebiegu spłukiwania.

3. W ciągu roku największą intensywnością spłukiwania charakteryzuje się okres wiosenno-letni, na który przypadało w 1969 r. ponad 90% ilości materiału przemieszczanego na stokach użytkowanych rolniczo.

4. W okresach zimowych na przebieg i rozmiary spłukiwania znaczny wpływ ma przemarznięcie podłoża i tempo jego rozmrażania, z czym związana jest dostawa materiału i z powodu braku infiltracji — duży spływ powierzchniowy. Stąd w zimach typu kontynentalnego głębokie przemarznięcie podłoża i duży spływ powierzchniowy wywołuje silne procesy spłukiwania gleby (np. zima 1968/1969 r.). Natomiast w zimach typu oceanicznego, przy słabo przemarzniętym podłożu, mimo dużych opadów (np. zima 1969/1970 r.), spływ powierzchniowy i spłukiwanie są małe.

5. Wielkość spłukiwania zależna jest od długości i nachylenia stoku

i rośnie ze wzrostem tych parametrów na wszystkich stokach pogórskich w Szymbarku, z wyjątkiem beskidzkiego stoku leśnego.

6. O wielkości i tendencjach współczesnego spłukiwania na stoku leśnym (beskidzkim) decyduje kształt stoku i typ pokryw (które były uformowane przez działające w przeszłości inne procesy morfogenetyczne, głównie peryglacjalne).

7. Spłukiwanie na stokach pastwiskowych prowadzi do powiększania kontrastów morfologicznych przez zestromianie części wypukłych, obniżanie wierzchowinowych i nadbudowywanie wklęsłych podnóży.

8. Na stokach użytkowanych rolniczo, z dużą ilością działek z różnymi uprawami, spłukiwanie odbywa się niezależnie na poszczególnych działkach, a jego intensywność jest związana ze sposobem użytkowania, agrotechniką i nachyleniem stoku. Sprzyja to zachowaniu się dotychczasowego kształtu stoku i wytwarzaniu profilu schodowego (terasy polne). Długie fragmenty stoków prostych, o jednakowym typie użytkowania na całej długości, przyjmują pod wpływem spłukiwania kształt wypukło-wklęsły.

9. Dla uzyskania obrazu przestrzennego zróżnicowania spłukiwania gleby w okolicy Szymbarku rozszerzono wyniki badań na poletkach doświadczalnych, uwzględniając formy użytkowania ziemi i zmiany nachylenia stoków.

10. Zastosowana w pracy metoda określenia przestrzennego zróżnicowania spłukiwania może mieć również znaczenie przy określaniu strat glebowych w obszarach o względnie jednolitych cechach środowiska geograficznego na dużej powierzchni.

11. Rozmiarów denudacji powierzchniowej nie można określać na podstawie pomiarów ilości materiału unoszonego w korytach potoków, ponieważ transport stokowy i korytowy są w dużej mierze niezależne. Stąd też możliwe jest równoczesne nadbudowywanie den dolin pogórskich i pogłębianie erozyjne koryt.

12. Dla ochrony zasobów glebowych i zachowania równowagi w środowisku geograficznym konieczne jest wyeliminowanie upraw roślin okopowych ze stoków górskich, a ze stoków o większych nachyleniach również i zbożowych, na korzyść użytków zielonych (trwałych i nietrwałych) i lasów.

13. Badań nad spłukiwaniem nie można prowadzić w oderwaniu od innych procesów i zjawisk fizycznogeograficznych. Do wyjaśnienia mechanizmu spłukiwania konieczne są badania hydrometeorologiczne, warunków glebowych i użytkowania gruntu.



## LITERATURA

- Adamczyk B., Maciaszek W., Januszek K., 1973, *Gleby gromady Szymbark i ich wartość użytkowa*, Dokum. Geogr., z. 1.
- Bennett H. H., 1939, *Soil conservation*, New York and London.
- Dauksza L., Gil E., Kotarba A., Kramarz K., Niemirowska J., Słupik J., Starkel L., 1970, *Badania fizyczno-geograficzne otoczenia Stacji Naukowo-Badawczej Instytutu Geografii PAN w Symbarku*, Dokum. Geogr., z. 3.
- Figuła K., 1955, *Wstępna charakterystyka zjawisk erozji na terenie kilku powiatów województwa krakowskiego*, Roczn. Nauk Roln. i Leśn., ser. F, t. 71, z. 1.
- 1960, *Erozja w terenach górskich*, Wiad. IMUZ, t. 1, z. 4.
- Gerlach T., 1966, *Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajarka (Beskid Wysoki — Karpaty Zachodnie)*, Prace Geogr. IG PAN, nr 52.
- 1970, *Méthodes et résultats des recherches sur le cours et l'intensité des processus actuelles de versant dans Hautes Beskides (Jaworki près de Szczawnica)*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcan.* vol. IV.
- Gil E., Słupik J., 1972a, *The influence of plant cover and land use on the surface run-off and wash-down during heavy rain*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcan.*, vol. VI.
- 1972b, *Hydroclimatic conditions of slope wash during snow melt in the Flysch Carpathians*, *Les Congrès et Colloques de l'Université de Liège*, vol. 67.
- Gil E., 1974, *An attempt to determine the size of washing in the Bystrzanka catchment basin near Symbark*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcan.*, vol. VIII.
- Hess M., 1965, *Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich*, *Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr.*, nr 11.
- Kozikowski A., 1956, *Geologia płaszczowiny magurskiej i jej okien tektonicznych na południowy zachód od Gorlic*, *Biul. Inst. Geol.* 110.
- Lvovicz L. I., 1963, *Czeloviek i vody*, Moskwa.
- Markoczewa K. M., 1972, *Formirovanije smyva s raspachannykh uczastkov sklonov*, *Trudy*, t. 191, Leningrad.
- Mařan B., 1957, *Vliv agrotechniky a ruznych zemledelskych i lesnych kultur na intensitu vodni eroze*, Praha.
- Niewiadomski W., Skrodzki M., 1964, *Nasilenie spływów i zmywów, a system rolniczego zagospodarowania stoku*, *Zesz. Nauk. WSR. Olsztyn*, t. 17, z. 2.
- Obrębska-Starkel B., 1973, *Zróźnicowanie stosunków mezo- i mikroklimatycznych gromady Symbark*, Dokum. Geogr., z. 5.
- Schum S. A., 1966, *The development and evolution of hillslopes*, *J. of Geolog. Educ.* vol. XIV, no 3. (PZLG, z. 4, 1970).
- Schwab G. O., Frevert K. R., Adminster T. W., Barnes K. K., 1966, *Soil and water conservation engineering*, New York.

- Simonian M. M., 1974, *Agrotechniczeskije metody borby s powierzchnostnym stokom i smyvom poczvy na sklonowych paszniach Armenii*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcan.*, vol. VIII.
- Słupik J., 1973a, *Zastosowanie zdjęć lotniczych w określaniu roli bruzd i dróg polnych w bilansie wodnym stoków górskich*, *Fotoint. w Geogr.*
- 1973b, *Zróżnicowanie splywu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich*, *Dokum. Geogr.*, z. 2.
- Słupik J., Gil E., 1974, *The influence of intensity and duration of rain on water circulation and the rate of slope-wash in the Flysch Carpathians*, *Geomorphologische Prozesse*, Göttingen.
- Sobolev S. S., 1960, *Razwitje erozjonnych processov na tieritorii jevropejskoj czasti SSSR i borba s nimi*, t. II, Moskwa.
- Starkel L., 1960, *Rozwój rzeźby Karpat Fliszowych w holocenie*, *Prace Geogr. IG PAN*, nr 32.
- 1972, *Charakterystyka rzeźby Polskich Karpat (i jej znaczenie dla gospodarki ludzkiej)*, *Probl. Zagospod. Ziem Górskich*, z. 10.
- 1973, *Cel i zakres studiów nad środowiskiem geograficznym okolic Szymbarku*, *Dokum. Geogr.*, z. 1.
- Staszkiwicz J., 1973, *Zbiorowiska leśne okolic Szymbarku (Beskid Niski)*, *Ibid.*, z. 1.
- Stehlik O., 1970, *Geografická rajonizace eroze půdy v ČSR. Metodika Zapracování*, *Studia Geogr.*, no. 13, Brno.
- Soja R., 1972, *Charakterystyka stosunków opadowych gromady Szymbark w latach 1968—70. Nad rzeką Ropą*, t. 4.
- Świdziński H., 1973, *Budowa geologiczna i roponośność rejonu Szymbarku koło Gorlic*, *Inst. Geol. Pr.* 80.
- Welc A., 1972, *Transportation of suspended matter in the rivers Ropa and Bystrzanka and magnitude of wash-down during the flood in July 1970*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcan.*, vol. VI.
- Ziętara T., 1968, *Rola gwałtownych ulew i powodzi w modelowaniu rzeźby Beskidów*, *Prace Geogr. IG PAN*, nr 60.

## SLOPEWASH ON FLYSCH SLOPES IN THE REGION OF SZYMBARK

### Summary

This report presents the results of investigations made about the part played by contemporaneous washing-down of soil in sculpturing Carpathian Flysch slopes. These investigations were carried out at Szymbark near Gorlice, situated in the boundary zone between the Low Beskid Mountains and the Carpathian Highland; in this region the geographical environment is under the influence of two types of relief penetrating each other; the highland relief and the Beskidy relief, both closely interlinked with the geological structure of their substrata. The peaks of the Low Beskidy rise to 650—750 m a.s.l. and are built of Magura sandstones with shale intercalations. Their long and fairly steep slopes, mostly inclined at more than 25°, are mantled by regolith covers of a clayey debris material. On the other hand, in the Carpathian Highland mountain humps predominate raised to 450—500 m a.s.l., with broad, rounded and dome-shaped summits where the slopes rarely show an inclination steeper than 15°. These elevations are built of shale-sandstone Inoceramian beds and variegated shales. The relative heights are 400 m in the Beskidy and 150 m in the highland zones of the investigated area.

Measurements of slopewash material were made on experimental plots distributed over the Bystrzanka drainage basin, depending on differences in geographical environment and land use. Representative of slopewash processes in the Beskidy region is the so-called "Jelenia" slope covered by a low-alpine forest (*Fagetum Carpathicum*). Slopewash in the highland region was represented by measurements made on its slopes under agricultural use: "IG PAN", "Wiatrówki" (tilled land), and "TR—SW" and "TR—NW" (pastures).

The main elements causing differences in slopewash are vegetation and manner of land use (Table 5; Fig. 3). Slopewash occurs most intensively on slopes lacking vegetation altogether, or slopes unsufficiently protected by vegetation. In 1969 the rate of slopewash determined on slopes of experimental plots with different kinds of plants were: root-crops on surfaces without other plant growth 2.97 mm/year, cornfields 0.0043 mm/year, meadows 0.0028 mm/year, pastures 0.0012 mm/year, and forests  $3 \times 10^{-6}$  mm/year. This shows that erosion on slopes lacking permanent vegetation was more than 1000 times greater than on grasslands and nearly one million times greater than in a forest.

The spatial extent and the intensity of sculpturing slopes in areas under cultivation changes within a year, depending on the vegetation cycle and on the crop rotation applied. Slopewash uses to be most powerful during torrential rains in the summer season, but it is limited almost exclusively to root-crop cultures where it may even render fluid the humus layer on the ground surface (as was the case on June 15 and 20, 1969). In contrast, on slopes with a compact vegetation cover slopewash is negligible (Table 10). During persistent rainfall, slopewash never attains a scale as high as this, and spatial differences play a minor part (Table 11).



Of decisive influence on the extent of slopewash is the intensity of surface flow, especially its maximum values (Fig. 5; Table 15). On the other hand, the interrelation between slopewash and quantity of surface flow comes to light only during widely spread rain showers.

In wintertime, slopewash is contingent on the rate at which ground unfreezing is taking place, and also depends upon the type of winter conditions. In continental-type winters (like the 1968/69 winter) when the ground was thoroughly frozen and no water infiltration into the ground was possible, powerful surface flow and soil unfreezing during snow-thawing promoted slopewash (Table 8; Fig. 4). On the other hand, during oceanic-type winters (like in 1969/70), snowmelt water permeated the unfrozen ground base and, in consequence, surface flow as well as slopewash were slight (Table 7).

In the annual cycle of slope sculpturing by slopewash processes the following periods may be distinguished:

1. a spring-summer period (April 15 to Sep. 10) with a high intensity of slopewash processes, yet limited mainly to slopes growing root crops.
2. a late autumn-winter-early spring period (Dec. 1 to April 15) with a lessened intensity of slopewash processes, but in scope embracing up to 25% of all slope surfaces,
3. an autumn period (Sep. 10 to Dec. 1) with hardly any soil denudation on slopes.

For the spring-summer period, from 9% of all cultivated land is derived more than 90% of all material annually displaced from slopes (Tables 13, 19).

On slopes under cultivation the rate of slopewash grows, generally speaking, with slope length and increasing slope inclination (Figs. 6—11; Tables 16—18). However, this rate fails to be directly proportional to increases in slope inclination and length: as an example, in a forest, the quantity of slopewash grows less with increasing steepness and length of the slopes, due to the ground cover on steep slope parts being more skeletal. On the whole, soil denudation on slopes tends to develop convex-concave profiles. On steep slopes under cultivation, a slope profile in a terrace pattern is the result of the co-action of slopewash with soil displacement by agricultural measures.

The spatial diversity of soil denudation from slopes has been illustrated on a map showing maximum slopewash (Fig. 12), compiled from measurements made on experimental slopes and based on a mathematical formula expressing the dependence of slopewash upon elements of the geographical environment and upon slope inclination (Tables 21—23). To cultivated land were allotted the slopewash values recorded from experimental fields growing potatoes — which crops mainly affect slope sculpturing, causing what is called “maximum” slopewash. For the above map the amount of soil denudation has been calculated for a set of selected degrees of slope inclination (Table 24). In conformity to slope inclination it was found, that most intensive is slopewash on convex slope parts, i.e. in the middle and the lower parts of slope profiles. The map pictures not only differences in slopewash volume but is also indicates the trend followed in the evolution of slope sculpturing, based on the distribution of zones of different slopewash intensities. Moreover the map emphasizes, how important it is to introduce changes in land use on ground surfaces that are being excessively degraded.

The banded pattern of ground surfaces with different degrees of slopewash in their slope profiles shows, that not all material eroded on slopes reaches the nearest stream channel and is carried off beyond the drainage basin. Part of it is accumulated within the slope range on surfaces less steeply inclined or differently cultivated, or even on the valley floor. The relation between soil material displaced from the slopes of the Bystrzanka basin and the amount swept out from

the basin is 31:1 for torrential rains and 1:24 for widespread persistent rains (Fig. 13; Table 28). These figures show, how insufficient for defining denudation on slopes are measurements of how much material was carried off in the stream channel, because this transport and processes of soil erosion on slopes are mostly independent of each other. Yet, important in cases of material being fushed down into the stream channel, is linear erosion at places where concentrated surface flow is taking place, like at dirt roads and at furrows left after agrotechnical measures.

The above investigations on soil erosion on slopes plainly indicate the necessity of protecting soil layers from excessive erosion — an improvement usually demanding changes in land use.

*Translated by Karol Jurasz*

## СМЫВАНИЕ ПОЧВЫ НА ФЛИШЕВЫХ СКЛОНАХ В РАЙОНЕ ШИМБАРКУ

### Резюме

Работа представляет результаты исследований над ролью современного смыва почвы в формированию карпатских склонов. Исследования велись в Шимбарке около Горлиц, расположенного на границе Нижнего Бескида и Карпатского Погорья. На разнообразность географической среды влияют два проникающиеся виды рельефа: погорный и бескидский. Горные хребты Бескида высотой в 650—750 м.н.у.м., составлены магурскими песчаниками с выступающими в них сланцами. Длинные и крутые склоны с наклоном свыше 25° покрыты глинистыми покровами. В области Погорья преобладают горбы высотой в 450—500 м.н.у.м., с широкими округленными вершинами, склонами с наклоном не более 15°. Эти горбы основаны сланце-песчаниковыми иноцерамовыми слоями и пестрыми сланцами. Относительные высоты достигают 400 м. в бескидской части и 150 м. в погорной части исследуемой территории.

Измерения смывания велись на опытных участках размещённых в бассейне Быстжанки, учитывая дифференциацию географической среды и использование земельных угодий. Смывание в бескидском районе отражает склон „ЕЛЕНИЯ” с нижнепопясным лесом (*Fagetum Carpaticum*). Смывание в погорном районе отражают измерения на склонах использованных как сельскохозяйственные угодья: „ИГ ПАН”, „Вятровки” (пахотные земли) а тоже ТР—СВ и ТР—НВ (пастбища).

Главным элементом дифференцирующим смыв на склонах являются — растительный покров и способ использования земли (табл. 5, рис. 3). Наиболее интенсивно этот процесс происходит на склонах лишенных растительного покрова или недостаточно им охраняемых. Размер смыва на склонах занятых отдельными угодьями в 1969 г., достигает: пропашные культуры и поверхности лишены растительного покрова — 2,97 мм/год, зерновые культуры — 0,0043 мм/год, луга — 0,0028 мм/год, пастбища — 0,0012 мм/год, леса —  $3 \times 10^{-6}$  мм/год. Эрозия на склонах без постоянного растительного покрова была выше в 1000 раз больше чем на зелёных угодьях и почти в 1.000.000 раз больше чем в лесу.

Пространственный диапазон и интенсивность формирования склонов на площади земельных угодий изменяются на протяжении года в зависимости от вегетационного цикла и применяемого плодосмена.

Самое крупное смывание на склонах отмечается во время летних дивней. Относится оно тогда почти исключительно к пропашным культурам и приводит даже к разрушению целого поверхностного почвенного слоя (нпр. 15 и 20 VI 1969 г). Смывание на склонах с густым растительным покровом тогда очень небольшое (таб. 10). В период разливных дождей смывание не такое крупное, а его пространственная дифференциация небольшая (таб. 11).

О размерах смывания решает напряжение поверхностного стока, а преимущественно его максимальная величина (рис. 5; таб. 15), а зависимость смывания от объёма поверхностного стока отмечается только в период разливных дождей.

Зимнее смывание обусловлено скоростью размораживания материнской породы и зависит от зимы. Если зима континентального типа (нп. зима 1968/69) с промерзанием материнской породы и недостатком инфильтрации, большой поверхностный сток и размер-



заюшая во время оттепели почва, способствовали смыванию (таб. 8; рис. 4). Если зима океанского типа (нп. зима 1969/1970 г.) — вода с таящего снега проникает в незамёрзшую материнскую породу. И так при небольшом поверхностном стоке смывание небольшое (табл. 7).

В годичном цикле формирования склонов процессами смывания, можно выделить:

1. Весенне — летний период (15 04 — 10 09) с очень интенсивным процессом смывания, ограниченном в основном к склонам с пропашными культурами.

2. Позднеосенне — зимний и ранневесенний период (1 12—15 04) с меньшей интенсивностью процессов смывания, но заключающий в себе до 25% поверхности склонов.

3. Осенний период (10.09—1.12) с очень небольшим смыванием на склонах.

В весенне - летний период на 9% поверхности пахотных земель припадает свыше 90% перемещённого на склонах во время года материала (таб. 13, 19).

Смывание на склонах с земельными угодьями растёт вместе с длиной и наклоном склона (рис. 6—11, таб. 16—18), но не прямо пропорционально к наклону и длине склона. В лесу наоборот, смывание уменьшается с наклоном и длиной склона, что обусловлено более крупной скелетностью покровов в его крутой части. Процесс смывания на склонах способствует формированию выпукло-вогнутого профиля. На крутых склонах с земельными угодьями соучастие смывания с перемещением почвы, вызванном агротехническими работами на отдельных участках, образует террасовый профиль склона.

Пространственную дифференциацию смывания представляет карта максимального смывания (рис. 12), которую сделано опираясь на проведённых на опытных участках измерениях, а также на математической формуле уобразавшей зависимость смывания от элементов географической среды и наклона склона (табл. 21—23). Для пахотных земель принято параметры смывания отмеченные на опытном картофельном участке, который исполняет главную роль в формировании склона (максимальное смывание). На представленной карте размеры смывания подсчитано для избранных наклонов склонов (табл. 24). В связи с наклонами склонов самое крупное смывание отмечается в выпуклых частях склонов — в средних и нижних частях профиля склона. Карта показывает не только дифференциацию размеров смывания, но также направление эволюционного процесса в формированию склона, обусловленного размещением поясов с разной интенсивностью смывания. Показывает также на необходимость провести соответствующие изменения в структуре использования земли на поверхностях чрезмерно деградированных.

Поясная система поверхности с разным смыванием в профиле склона свидетельствует о том, что не весь эродированный на склоне материал попадает в русло потока и есть выношен за пределы бассейна. Часть материала аккумулируется в пределах склона, на поверхностях с меньшим наклоном, или при другой структуре использования, а тоже в дне долин.

Зависимость между массой почвенного материала перемещённого на склонах в бассейне Бытжанки и массой материала выношенного из бассейна во время летних ливней определяется как 31 : 1, а во время разливных дождей как 1 : 24 (рис. 13, таб. 28). Для определения денудации на склонах недостаточны измерения массы транспортированного в речном русле материала, потому что этот процесс и процесс смывания на склонах в большинстве случаев независимы. Большую роль в транспорте материала в речном русле исполняет линейная эрозия в местах концентрации поверхностного стока (польные дороги, борозды после агротехнических работ).

Представленные результаты исследований над смыванием на склонах показывают необходимость защиты почвы от чрезмерной эрозии, чего можно добиться изменяя структуру использования земли.

*Перевела Барбара Вэльц*



**WYDAWNICTWA IG I PZ PAN  
VARIA**

**B. OLSZEWICZ — Dorobek polskiej historii geografii i kartografii w latach 1945—1969, 1973, s. 172, zł 48,—**

**J. MISZAŁSKI — Współczesne procesy eoliczne na Pobrzeżu Słowińskim, Studium fotointerpretacyjne, 1973, s. 149 + nlb., zł 30,—**

**Z. CIĘTAK, S. PIETKIEWICZ — Słownik geograficzny angielsko-polski, 1974, s. 422, zł 120,—**

**CENTRALNY KATALOG ZBIORÓW KARTOGRAFICZNYCH W POLSCE.**

Zeszyt 1. **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800, 1961, s. 247, zł 72,—**

Zeszyt 2. (uzupełniający). **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800, 1963, s. 112, z. 28,—**

Zeszyt 3. **Katalog atlasów 1801—1919, 1965, s. 342, zł 76,—**

Zeszyt 4. **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1528—1945, 1968, s. 160, zł 48,—**

Zeszyt 5. **Wieloarkuszowe mapy topograficzne Polski 1576—1870 (w przygotowaniu)**

**Katalog dawnych map Rzeczypospolitej Polskiej w kolekcji Emeryka Hutten Czapskiego i innych zbiorach. Oprac. W. Kret (w druku)**



**WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ**

za ostatnie lata

1974

- 1 I. BURLIKOWSKA — **Zaopatrzenie w wodę wsi województwa lubelskiego**, s. 99, zł 24,—
- 2 PRACA ZBIOROWA — **Studia nad strukturą lokalnej sieci osadniczej wybranych obszarów w Polsce**, s. 188, zł 24,—
- 3 M. GRZEŚ — **Badania nad termiką i zlodzeniem jeziora Gopło**, s. 56 + nlb., zł 21,—
- 4 A. RACHOCKI — **Przebieg i natężenie współczesnych procesów rzecznych w korycie Raduni**, s. 121, + nlb., zł 27,—
- 5 K. WIT-JÓŻWIK — **Hydrografia Tatr Wysokich. Objąsnienia do mapy hydrograficznej „Tatry Wysokie” 1 : 50 000**, s. 118 + nlb., zł 30,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — **Streszczenie prac habilitacyjnych i doktorskich — 1973**, s. 172, zł 24,—

1975

- 1—2 M. DRZAŁ — **Parki w Polsce**, s. 306 + nlb., zł 48,—
- 3—4 PRACA ZBIOROWA — **Problemy bioklimatologii uzdrowskowej**, s. 113, zł 48,—
- 5—6 PRACA ZBIOROWA — **Wplyw dzialalnosci gospodarczej na stosunki wodne Kotliny Sandomierskiej** (w druku)

1976

- 1 PRACA ZBIOROWA — **Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1974** (w druku)
- 2—3 M. PULINA — **Zjawiska krasowe w Sudetach Polskich** (w druku)