

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
I N S T Y T U T G E O G R A F I I

P R A C E G E O G R A F I C Z N E N r 5 2

T A D E U S Z G E R L A C H

W S P Ó Ł C Z E S N Y
R O Z W Ó J S T O K Ó W W D O R Z E C Z U
G Ó R N E G O G R A J C A R K A
(B E S K I D W Y S O K I — K A R P A T Y Z A C H O D N I E)

W A R S Z A W A 1 9 6 6

W Y D A W N I C T W A G E O L O G I C Z N E

PRACE GEOGRAFICZNE IG PAN

1. Flis J., Kras gipsowy Niecki Nidziańskiej. 1954, s. 73, zł 10,—
2. Walczak W., Pradolina Nysy i plejstoceńskie zmiany hydrograficzne na przedpolu Sudetów Wschodnich. 1954, s. 51, zł 8,—
3. Krzymowska A., Franciszek Szwarzenberg-Czerny profesor geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego (1847—1917). 1954, s. 69, zł 9,50
4. Paszyński J., Opady atmosferyczne dorzecza Odry i ich związek z hipsometrią i zalesieniem. 1955, s. 90, zł 16,50
5. Kielczewska-Zaleska M., O powstaniu i przeobrażaniu kształtów wsi Pomorza Gdańskiego
Biskup M., Osady na prawie polskim na Pomorzu Gdańskim w pierwszej połowie XV w. 1956, s. 224+3 mapy, zł 31,45
6. Okołowicz W., Geomorfologia okolic środkowej Wilii. 1956, s. 68, zł 10,—
7. Jahn A., Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd. 1956, s. 453+5 mapy zł 52,40
8. Fleszar M., Studia z dziejów geografii ekonomicznej w Polsce od połowy XVIII w. do r. 1848, s. 105, zł 20,—
9. Praca zbiorowa, Studia geograficzne nad aktywizacją małych miast, 1957, s. 526, zł 58,—
10. Werwicki A., Białostocki okręg przemysłu włókienniczego do 1947 r., 1957, s. 164, zł 32,—
11. Starkel L., Rozwój morfologiczny progó Pogórza Karpackiego między Dębicą a Trzcianą. 1957, s. 152+7 map+20 ilustr., zł 40,—
12. Olszewicz B., Geografia polska w okresie Odrodzenia. 1957, s. 62, zł 15,50
13. Gilewska S., Rozwój morfologiczny wschodniej części Wyżyny Miechowskiej. 1958, s. 90, zł 25,—
14. Straszewski J., Vertical Distribution of World Population. 1957, s. 116+1 tabl., zł 40,—
15. Łomniewski K., Zalew Wiślany. 1958, s. 106, zł 24,—
16. Litterer M., Zmiany w rozmieszczeniu i strukturze ludności Polski Ludowej w latach 1946—1950.
17. Wełpa B., Zagadnienie struktury wieku ludności Polski Ludowej w r. 1950. 1955, s. 112, zł 22,—
18. Kukliński A., Struktura przestrzenna przemysłu cegielnianego na Ziemiach Zachodnich w epoce kapitalizmu. 1959, s. 156+19 wkładek, zł 49,—
19. Praca zbiorowa, Z badań środowiska geograficznego w powiecie mrągowym. 1959, s. 132+6 wkładek, zł 45,—
20. Tobiasz J., Wykorzystanie środowiska geograficznego dla hodowli w województwie białostockim. 1959, s. 160+2 mapy, zł 33,—
21. Kowalska A., Paleomorfologia powierzchni podplejstoceńskiej niżowej części dorzecza Odry. 1960, s. 75+6 map, zł 25,—
22. Starkel L., Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie. 1960, s. 239+9 map+35 fot., zł 78,—
23. Balińska-Wuttke K., Geomorfologia obszaru między Skierniewicami a Rawą Mazowiecką. 1960, s. 112+3 mapy, zł 43,50
24. Wróbel A., Województwo warszawskie. Studium ekonomicznej struktury regionalnej. 1960, s. 140, zł 24,—
25. Praca zbiorowa. Problems of Applied Geography. Proceedings of the Anglo-

*Strojeniu Hircian
w olowal myjriem
auct*

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
I N S T Y T U T G E O G R A F I I

P R A C E G E O G R A F I C Z N E N R 5 2

TRAVAUX GEOGRAPHIQUES
No 52

Geographisches

DEVEN OMBRENT ACTUEL DEVENIR DANS LE BASSIN
DU HAUT GRANITIER LES HAUTES BESKIDES — LES
CARPATES OCCIDENTALES

WYDAWCA
WYDAWNICTWA GEOLOGICZNE

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТРУДЫ

№ 52

Тадеуш Герлях

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ СКЛОНОВ В БАССЕЙНЕ ВЕРХОВЬЕВ
ГРАЙЦАРКА (БЕСКИД ВЫСОКИ — ЗАПАДНЫЕ КАРПАТЫ)

TRAVAUX GEOGRAPHIQUES

No 52

Tadeusz Gerlach

DÉVELOPPEMENT ACTUEL DES VERSANTS DANS LE BASSIN
DU HAUT GRAJCAREK (LES HAUTES BESKIDES — LES
CARPATES OCCIDENTALES)

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
I N S T Y T U T G E O G R A F I I

P R A C E G E O G R A F I C Z N E Nr 52

T A D E U S Z G E R L A C H

WSPÓŁCZESNY
ROZWÓJ STOKÓW W DORZECZU
GÓRNEGO GRAJCARKA
(BESKID WYSOKI — KARPATY ZACHODNIE)

W A R S Z A W A 1966

W Y D A W N I C T W A G E O L O G I C Z N E

Komitet Redakcyjny

Przewodniczący: S. LESZCZYCKI

Członkowie: K. DZIEWOŃSKI, R. GALON, M. KLIMASZEWSKI, J. KONDRACKI,
J. KOSTROWICKI, M. KIEŁCZEWSKA-ZALESKA, M. CHILCZUK

Sekretarz: J. WŁODEK-SANOJCOWA

Rada Redakcyjna

J. BARBAG, J. CZYŻEWSKI, J. DYLIK, K. DZIEWOŃSKI, R. GALON,
M. KLIMASZEWSKI, J. KONDRACKI, J. KOSTROWICKI, S. LESZCZYCKI,
A. MALICKI, B. OLSZEWICZ, J. WĄSOWICZ, M. KIEŁCZEWSKA-ZALESKA,
A. ZIERHOFFER

Redaktor tomu

M. KLIMASZEWSKI

Redaktor techniczny: A. BIEŃKOWSKA

Korektor: H. KMOCH

WYDAWNICTWA GEOLOGICZNE — WARSZAWA 1966

Wydanie I. Nakład 750+137 egz. Ark. wyd. 11. Ark. druk. 7. — Pa-
pier druk. sat. III kl. 80 g. Bl. Oddano do składania 28.III.1966 r.
Podpisano do druku 20.XI.1966 r. Druk ukończono w listopadzie 1966 r.

Lubelskie Zakł. Graf. im. PKWN. Zam. nr 1711. M-11. Cena zł 33,—

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	7
Cel i metoda badań w dorzeczu górnego Grajcarka	8
Charakterystyka fizjograficzna	14
Orografia	14
Budowa geologiczna	16
Rzeźba	20
Szata roślinna	23
Klimat	24
Gleby	27
Wody	29
Stacjonarne badania nad splukiwaniem	30
Przyrządy i technika wykonywania pomiarów	30
Czas i częstotliwość wykonywania pomiarów	35
Metoda opracowywania materiałów	35
Szczegółowy opis i charakterystyka stoków	37
Charakterystyka klimatu okresów pomiarowych i wyniki pomiarów	44
Mechanika i rozmiary przekształcania stoków przez splukiwanie	50
Badania nad historią denudacji gleb na stoku	58
Ogólna charakterystyka stoku	59
Szczegółowa charakterystyka budowy teras rolnych	60
Mechanika rozwoju teras rolnych	61
Rozmiary przeobrażeń w obrębie poszczególnych teras rolnych	62
Rozmiary przeobrażeń w obrębie całego stoku	64
Wielkość i kierunek zmiany formy stoku w okresie gospodarki człowieka	64
Tempo i kierunek zmian formy stoku typu progę strukturalnego w okresie około 300 lat a tempo i typ zmian obecnie	66
Badania nad spluwaniem i innymi procesami grawitacyjnymi	68
Spluwanie	68
Osiadanie i osuwanie	76
Przemieszczanie gleby przez lód włóknisty	83
Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajcarka	87
Literatura	94
Резюме	98
Résumé	104

100	Wprowadzenie
101	Col I metoda badań w fizyce
102	Charakterystyka i budowa
103	Opis
104	Wzrost
105	Wzrost
106	Wzrost
107	Wzrost
108	Wzrost
109	Wzrost
110	Wzrost
111	Wzrost
112	Wzrost
113	Wzrost
114	Wzrost
115	Wzrost
116	Wzrost
117	Wzrost
118	Wzrost
119	Wzrost
120	Wzrost
121	Wzrost
122	Wzrost
123	Wzrost
124	Wzrost
125	Wzrost
126	Wzrost
127	Wzrost
128	Wzrost
129	Wzrost
130	Wzrost
131	Wzrost
132	Wzrost
133	Wzrost
134	Wzrost
135	Wzrost
136	Wzrost
137	Wzrost
138	Wzrost
139	Wzrost
140	Wzrost
141	Wzrost
142	Wzrost
143	Wzrost
144	Wzrost
145	Wzrost
146	Wzrost
147	Wzrost
148	Wzrost
149	Wzrost
150	Wzrost
151	Wzrost
152	Wzrost
153	Wzrost
154	Wzrost
155	Wzrost
156	Wzrost
157	Wzrost
158	Wzrost
159	Wzrost
160	Wzrost
161	Wzrost
162	Wzrost
163	Wzrost
164	Wzrost
165	Wzrost
166	Wzrost
167	Wzrost
168	Wzrost
169	Wzrost
170	Wzrost
171	Wzrost
172	Wzrost
173	Wzrost
174	Wzrost
175	Wzrost
176	Wzrost
177	Wzrost
178	Wzrost
179	Wzrost
180	Wzrost
181	Wzrost
182	Wzrost
183	Wzrost
184	Wzrost
185	Wzrost
186	Wzrost
187	Wzrost
188	Wzrost
189	Wzrost
190	Wzrost
191	Wzrost
192	Wzrost
193	Wzrost
194	Wzrost
195	Wzrost
196	Wzrost
197	Wzrost
198	Wzrost
199	Wzrost
200	Wzrost

W P R O W A D Z E N I E

Stoki są najpowszechniejszym elementem rzeźby. Poznanie form i budowy stoków, jakości i tempa procesów modelujących je oraz ewolucji tych form było i jest jednym z głównych zadań geomorfologii.

Istnieją dwa główne poglądy na rozwój stoków: W. M. Davisa [10] i W. Pencka [56] rozwijane przez późniejszych badaczy: H. Bauliga [2], P. Birota [5], L. C. Kinga [38], A. Jahna [33] i innych [41, 77, 78].

Zestawienie różnych poglądów na rozwój stoków podają w osobnym artykule zamieszczonym w Przeglądzie Geograficznym¹. Poglądy te są rozbieżne zarówno co do typu ewolucji form stokowych, jak udziału i roli procesów modelujących. Autorzy tych poglądów, bazując głównie na analizie dużych form terenowych, za pomocą dedukcyjnych konstrukcji starali się wyjaśnić ich ewolucję. Zastosowanie metody dedukcyjnej w oderwaniu od konkretnych form stokowych, znajomości stosunku tych form do budowy geologicznej oraz typu i natężenia procesów modelujących je, stanowi główną przyczynę rozbieżności omówionych poglądów i uniemożliwia sprawdzanie i korygowanie wielkich schematów ewolucyjnych.

Równoległe z pracami o ogólnym rozwoju stoków mającymi charakter rozważań dedukcyjnych pojawiają się prace dotyczące jakości i natężenia współczesnych procesów stokowych [4, 9, 11, 16, 19, 21, 22, 23, 27, 28, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 39, 42, 47, 52, 53, 57, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 73, 74, 75, 76, 79, 80, 81].

Z przeglądu tych prac wynika, że znajomość współczesnych procesów stokowych jest bardzo różnorodna. Geomorfologowie, prowadząc bezpośrednie pomiary aktualnych procesów stokowych, robią je zwykle w jednym punkcie na stoku lub na małym jego odcinku.

Podawane przez nich wyniki pomiarów pozwalają wносить jedynie o istnieniu określonego procesu i ocenić jego znaczenie w modelowaniu

¹ „Przegląd ważniejszych poglądów na rozwój stoków”. Przegląd Geograficzny t. 39, z. 2 (w druku).

stoków. Nie mówią natomiast o zróżnicowanym natężeniu procesu na długości całego stoku.

Gleboznawcy i rolnicy-melioratorzy podają bardzo dokładne dane co do rozmiarów spłukiwania na stokach o różnych nachyleniach i długościach. Liczby te przeważnie pochodzą z małych poletek doświadczalnych, sztucznie wyizolowanych z całego stoku i dotyczą tylko stoków ornych o kształtach prostych. Małe rozmiary poletek i wyizolowanie ich z całego stoku stwarzają sztuczne warunki dla rozwoju procesu spłukiwania. Z tych względów wyniki pomiarów otrzymane na takich poletkach nie mogą być rozszerzane na stoki o dużej długości albo o kształtach nie prostych. Wyniki otrzymane taką drogą nie dostarczają danych o zróżnicowaniu natężenia spłukiwania na długości całego stoku.

To wszystko sprawia, że podawane przez różnych specjalistów liczbowe ujęcia współczesnych procesów stokowych przeważnie są nieporównywalne i nie można ich wykorzystać przy rozważaniach nad współczesną ewolucją stoków.

Różne cele badań poszczególnych specjalistów, odrębne metody badań, różne sposoby liczbowego ujęcia aktualnych procesów stokowych bardzo utrudniają ogólną orientację w problemie. Omówienie metod stosowanych do badań aktualnych procesów stokowych przez różnych specjalistów i określenie przydatności tych metod do badań nad współczesną ewolucją stoków przedstawiono w oddzielnym artykule [27].

CEL I METODA BADAŃ W DORZECZU GÓRNEGO GRAJCARKA

Celem badań było poznanie tempa i kierunku współczesnej ewolucji stoków w dorzeczu górnego Grajcarka. Cel ten starałem się osiągnąć przez określenie natężenia aktualnych procesów modelujących stoki w zależności od pokrywy roślinnej, formy stoku i klimatu. Dla rozwiązania tych zagadnień wybrałem w dorzeczu górnego Grajcarka kilka stoków, na których prowadziłem badania stacjonarne.

Dorzecze górnego Grajcarka, położone we wschodniej części Beskidu Wysokiego Karpat Zachodnich, charakteryzuje gęsta sieć dolin głęboko wciętych w skały fliszowe. Głównym elementem w rzeźbie tego obszaru są stoki. Zajmują one około 94% powierzchni całego obszaru. Stoki mają różną długość (50—600 m), różne nachylenie (od kilku do ponad 50°) oraz różne kształty (proste, wypukłe, wypukło-wklęsłe, krawędziowe). Na obecny wygląd stoków złożyła się długa historia. Początek ich rozwoju na tym obszarze należy odnieść do okresu plioceńskiego, w którym zostały utworzone głębokie V-kształtne doliny. W plejstocenie obszar

ten kilka razy znajdował się w zasięgu morfogenezy peryglacialnej i w tych okresach stoki ulegały silnej degradacji. Wyraźne piętno na kształt i budowę stoków wycisnęła ostatnia morfogeneza peryglacialna. Dzisiejsze modelowanie stoków odbywa się na formach odziedziczonych z poprzednich okresów.

O typie i tempie współczesnego modelowania stoków decyduje zróżnicowanie elementów obecnego środowiska geograficznego. Szczegółowa charakterystyka tych elementów, określenie przebiegu i natężenia aktualnych procesów na stokach o różnych kształtach i różnej pokrywie roślinnej oraz określenie wpływu tych elementów na tempo i kierunek współczesnych zmian w ogólnym wyglądzie stoków stanowi treść niniejszej pracy.

Na wybór terenu badań w dorzeczu górnego Grajcarka wpłynęło istnienie na tym obszarze Ośrodka Badawczego Wyższej Szkoły Rolniczej w Krakowie i Terenowego Oddziału Badawczego Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych. Ośrodek ten prowadzi badania nad racjonalnym zagospodarowaniem małych zlewni górskich. Dysponując kilkoma budynkami polemkowskimi, małym podręcznym laboratorium i własną stacją meteorologiczną, obszar ten stanowił dogodną bazę dla prowadzenia badań stacjonarnych.

Obszar dorzecza górnego Grajcarka ma bardzo urozmaiconą rzeźbę (fot. 1), zróżnicowaną budowę geologiczną i warstwę glebową oraz różnorodną pokrywę roślinną. Obszar ten z punktu widzenia ogólnych warunków środowiska geograficznego można w pewnym stopniu uznać za reprezentacyjny dla znacznej części polskich Karpat.

Badania rozpoczęłem od wykonania zdjęcia geomorfologicznego w podziałce 1 : 10 000. Naniósłem na mapę wszystkie zaobserwowane formy po ich sklasyfikowaniu genetycznym i chronologicznym. Mapa ta dała przestrzenne rozmieszczenie form badanego terenu. Umożliwiła oddzielenie form współcześnie intensywnie rozwijających się od form słabo przemodelowanych i pozwoliła określić wielkość powierzchni zajętej przez poszczególne typy form i ich elementy.

Podstawową metodą w badaniach nad współczesną ewolucją stoków były stacjonarne pomiary procesów: spłukiwania (fot. 2) i spełzywania, wykonywane w ciągu czterech lat na stokach specjalnie wybranych.

Obok pomiarów tych dwóch zasadniczych procesów, którym przypisuje się główną rolę w modelowaniu form stokowych, prowadziłem również obserwacje oraz pomiary patrolowe i półstacjonarne procesów: osuwania, osiadania, przemieszczania przez lód włóknisty i ługowania.

Do badań stacjonarnych wybrałem 11 stoków: 9 — do badań nad spłukiwaniem, 2 — do badań nad spełzywaniem. Wybrane stoki repre-



Fot. 1. Dolina Białej Wody — przełom epigenetyczno-strukturalny



Fot. 2. Roztopy — na stokach łąkowych spływająca woda jest prawie czysta

zentuują główne typy form powszechnie występujących na badanym obszarze. Na stokach wyznaczonych do badań nad spłukiwaniem założyłem łapacze i rynny, z których w oznaczonych terminach wybierałem naniesiony materiał. Na stokach wyznaczonych do badań nad spełzywaniem założyłem odpowiednią sieć stałych reperów i punktów pomiarowych, na których w jesieni i na wiosnę przeprowadzałem pomiary kontrolne.

Badania patrolowe i półstacjonarne nad osuwaniem i osiadaniem polegały na rejestrowaniu nowo powstałych zerw i zsuwów, na pomiarze powierzchni zajętej przez te formy, określaniu kubatury osuniętych mas oraz długości ich przemieszczenia.

W celu określenia szybkości i kierunku dalszego rozwoju świeżych zsuwów ziemnych prowadziłem stacjonarne pomiary nawiązując do stałych reperów na jednej z tego typu form.

Rozmiary przemieszczeń wywołane przez szczotki lodu włóknistego określałem w stosunku do stałych reperów [24], a rozmiary ługowania — metodą elektrooporową [9].

W pierwszym roku badań musiałem zrezygnować z pomiarów nad spłukiwaniem na 4 stokach, ponieważ przyrządy pomiarowe systematycznie niszczyła miejscowa ludność. Dłuższą serię pomiarów udało się przeprowadzić tylko na 5 stokach.

Podobne trudności występowały również przy badaniach nad spełzywaniem. Mimo zniszczenia niektórych punktów pomiarowych w ciągu 3 lat wykonałem 6 razy pomiary kontrolne na założonych reperach. Dłuższe prowadzenie pomiarów było niemożliwe ze względu na zniszczenie punktów odniesienia.

Dla stoków, na których prowadziłem stacjonarne pomiary wykonałem: a) profil morfologiczny, b) charakterystykę porostu roślinnego, c) charakterystykę warstwy glebowej.

Badania stacjonarne nad spłukiwaniem prowadziłem na stokach łąkowych (stoki 1, 2, 5), pastwiskowych (stoki 3, 6), na stoku ornym (stok 8) i na stoku leśnym (stok 10).

Do określenia rozmiarów aktualnego spłukiwania na stokach łąkowych, pastwiskowych i leśnych zastosowałem łapacze i rynny (fot. 3, 4). Na stoku ornym rozmiary aktualnego spłukiwania określałem pomiarem pojemności żłobin erozyjnych.

Obok stacjonarnych pomiarów aktualnego spłukiwania przeprowadziłem również badania nad historią denudacji gleb na stoku ornym. W badaniach tych posłużyłem się metodą profilowego badania budowy gleb na stoku.

Badania stacjonarne nad spełzywaniem prowadziłem na stokach łąkowym (I) i pastwiskowym (II).



Fot. 3. Rynny na stoku łąkowym



Fot. 4. Wybieranie materiału z łapaczy

Dla uchwycenia powiązań między warunkami klimatycznymi a przebiegiem procesów dla lat, w których prowadziłem pomiary, sporządziłem wykresy warunków klimatycznych. Przy ich sporządzaniu opierałem się na materiałach miejscowej stacji meteorologicznej i na własnych pomiarach wielkości spłukiwania.

Na podstawie dni jednoczesnych pomiarów na wszystkich stokach każdy rok podzieliłem na dwa okresy: zimowo-wiosenny i letnio-jesien-ny. Wyróżnione przeze mnie okresy nie nawiązują ściśle do tych, które wydzielają klimatolodzy. Charakteryzują się one wzmożoną aktywnością procesów morfogenetycznych. W okresach zimowo-wiosennych wzmożona działalność procesów denudacyjnych wiąże się przede wszystkim z przemarzniętym podłożem i szybkim tajaniem śniegu, w okresach letnio-jesien-nych — z obfitymi opadami o dużym natężeniu.

Porównanie rozmiarów spłukiwania w tych dwóch okresach na przestrzeni czterech lat pozwoliło na określenie roli okresów zimowo-wiosennych i letnio-jesien-nych w przekształcaniu stoków.

Trzyletnie i czteroletnie pomiary na stokach o różnej pokrywie roślinnej i różnych kształtach umożliwiły określenie wpływu szaty roślinnej i kształtu stoków na przebieg i rozmiary spłukiwania.

Badania nad historią denudacji gleb oraz pomiary nad aktualnym spłukiwaniem prowadzone na tym samym stoku pozwoliły określić różnice w tempie i kierunku historycznego i aktualnego przekształcania stoku.

Patrolowe i półstacjonarne badania nad osuwaniem, osiadaniem, przemieszczaniem przez lód włóknisty i nad ługowaniem pokrywy zwietrzelinowej umożliwiły określenie roli tych procesów w aktualnym przekształcaniu stoków.

Pracę tę wykonałem w ramach planu badawczego Zakładu Geomorfologii i Hydrografii Gór i Wyżyn Instytutu Geografii PAN w Krakowie.

Inspiratorem badań nad współczesną ewolucją stoków był profesor M. K l i m a s z e w s k i. Zarówno podczas prowadzenia badań, jak i przy opracowywaniu zebranych materiałów żywo interesował się postępem pracy i udzielał mi cennych rad i wskazówek. Za nie oraz za opiekę nad całością pracy składam profesorowi M. Klimaszewskiemu serdeczne podziękowania. Dziękuję docentowi L. Starkłowi za możliwość przedyskutowania z nim wielu zagadnień i za uwagi w czasie pisania tej pracy. Pragnę podziękować również kierownictwu Ośrodka Badawczego w Jaworkach: profesorowi J. Kiełpińskiemu, docentowi K. Figule i mgrowi inż. W. Karkosce za dużą życzliwość i zainteresowanie moimi badaniami, za możliwość korzystania z mieszkania i pomieszczenia na sprzęt pomiarowo-laboratoryjny podczas prowadzenia kilkuletnich badań na tym obszarze. Docentowi K. Figule dziękuję za udostępnienie mi mate-

riałów meteorologicznych miejscowej stacji, a drowi R. Kostuchowi z WSR w Krakowie za pomoc w oznaczaniu składu florystycznego badanych stoków. Dziękuję również za cenne uwagi w czasie przygotowywania pracy do druku profesorowi R. Galonowi, profesorowi A. Jahnowi oraz dr J. Włodek-Sanojcowej. Osobno pragnę podziękować mojej Żonie Danucie Gerlach, która nie szczędziła wysiłku w przygotowaniu tej pracy do druku.

CHARAKTERYSTYKA FIZJOGRAFICZNA

OROGRAFIA

Padania nad współczesnym rozwojem stoków prowadziłem w zlewniach potoków Białej Wody i Czarnej Wody (mapa 1).

Zlewnie te (23 km²) stanowią źródłowy obszar dużej subsekwentnej doliny Grajcarka. Na badanym obszarze wyróżniam dwie jednostki morfologiczne. Na północy ciągnie się wysokie, równoleżnikowe pasmo Radziejowej z kulminacją 1265 m n. p. m., na południu pasmo Małych Pienin z kulminacją 980 m n.p.m. Między tymi pasmami znajduje się subsekwentne obniżenie, w które do głębokości około 650 m n.p.m. są wcięte potok Brysztan i dolny odcinek Białej Wody. Obydwa pasma górskie, łagodnie opadające stokami ku osi równoleżnikowego obniżenia, są rozcięte głębokimi dolinami na szereg południkowych garbów. Południowe stoki pasma Radziejowej są rozcięte dolinami Białej Wody i Czarnej Wody oraz większymi ich dopływami, a północne stoki Małych Pienin dolinami potoków Repowego i Wierchliczki — lewobocznymi dopływami Białej Wody. W obrębie stoków pasma Radziejowej doliny głębokie od 100 do ponad 300 m mają kształt ostrych i lekkorozwartych wciósów. Garby między tymi dolinami są zaokrąglone, a w ich obrębie występują niewielkie spłaszczenia, które są resztkami pliocenkiego poziomu zrównania.

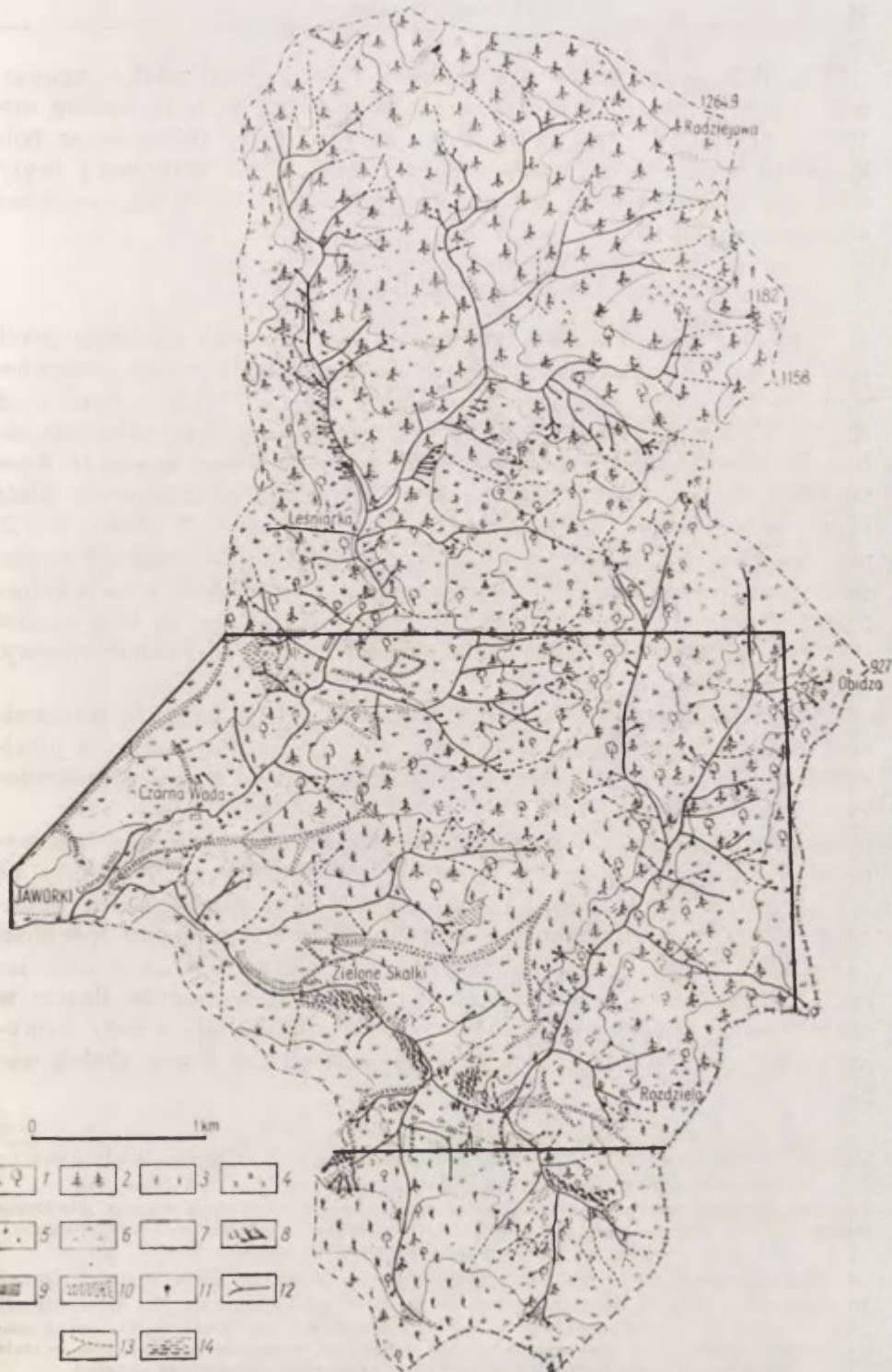
Podobne kształty mają garby i doliny występujące w obrębie północnych stoków Małych Pienin; są one jednak urozmaicone licznymi formami skałek wapiennych, sterczących z garbów i stromych stoków.

Mapa 1. Użytkowanie ziemi w dorzeczu Białej Wody i Czarnej Wody

1 — starodrzew mieszany, 2 — miodnik, 3 — jałowczyska, 4 — zarośla liściaste, 5 — wyřęby, 6 — łąki i pastwiska, 7 — grunty orne, 8 — skałki, 9 — zabudowania gospodarskie, bacówki, szalasy pasterskie, 10 — drogi silnie zniszczone przez erozję, 11 — źródła, 12 — cieki stałe, 13 — cieki okresowe, 14 — tereny podmokłe

L'usage de la terre du bassin de Biała Woda et Czarna Woda

1 — la vieille futaie des forêts mixtes, 2 — le taillis; 3 — les genévriers; 4 — le maquis à feuillage; 5 — les clairières; 6 — les prés et les pâturages; 7 — les champs labourés; 8 — les blocs des roches; 9 — les bâtiments d'exploitation, „bacówki” — huttes des chefs des bergers, huttes des bergers; 10 — les routes fortement modifiées par l'érosion; 11 — les sources; 12 — les coulées permanentes; 13 — les coulées saisonnières; 14 — les terrains marécageux



Dla ilościowego określenia stadium rozwojowego rzeźby omawianego obszaru sporządziłem krzywą hipsograficzną (ryc. 1) według metody Strahlera [71]. Kształt tej krzywej i jej położenie w polu kwadratu wskazują na stadium późnej młodości. Z pierwotnej bryły, o kubaturze $23\,000\text{ m}^2 \times 700\text{ m}$, poza jej obręb zostało odprowadzone 45,3% materiału.

BUDOWA GEOLOGICZNA

Występowanie na omawianym terenie dwu jednostek morfologicznych oraz większe urozmaicenie rzeźby w obrębie Małych Pienin uwarunkowane zostało budową geologiczną tego obszaru. Według opracowań K. Birkenmajera [6, 7, 8] na obszarze górnego Grajcarka kontaktują się ze sobą płaszczowina magurska i pas skalicowy (mapa 2). Kontakt tych dwu jednostek ma charakter tektonicznego nasunięcia. Linia kontaktu biegnie od Ubocza nad wsią Czarna Woda w kierunku południowo-wschodnim na Rozdzielę. Na północ od linii tektonicznej występuje płaszczowina magurska tworząca pasmo Radziejowej, a na południu pas skalicowy, którego częścią są tzw. Małe Pieniny. Ogólny bieg warstw skalnych w obydwu jednostkach jest mniej więcej równoleżnikowy, z upadem ku południowi.

Pas skalicowy jest starszy; charakteryzuje go duża różnorodność skał i skomplikowana tektonika. Występują tutaj wapienie jurajskie i dolnokredowe oraz piaskowce, łupki i margle wieku górnokredowego i paleogeńskiego.

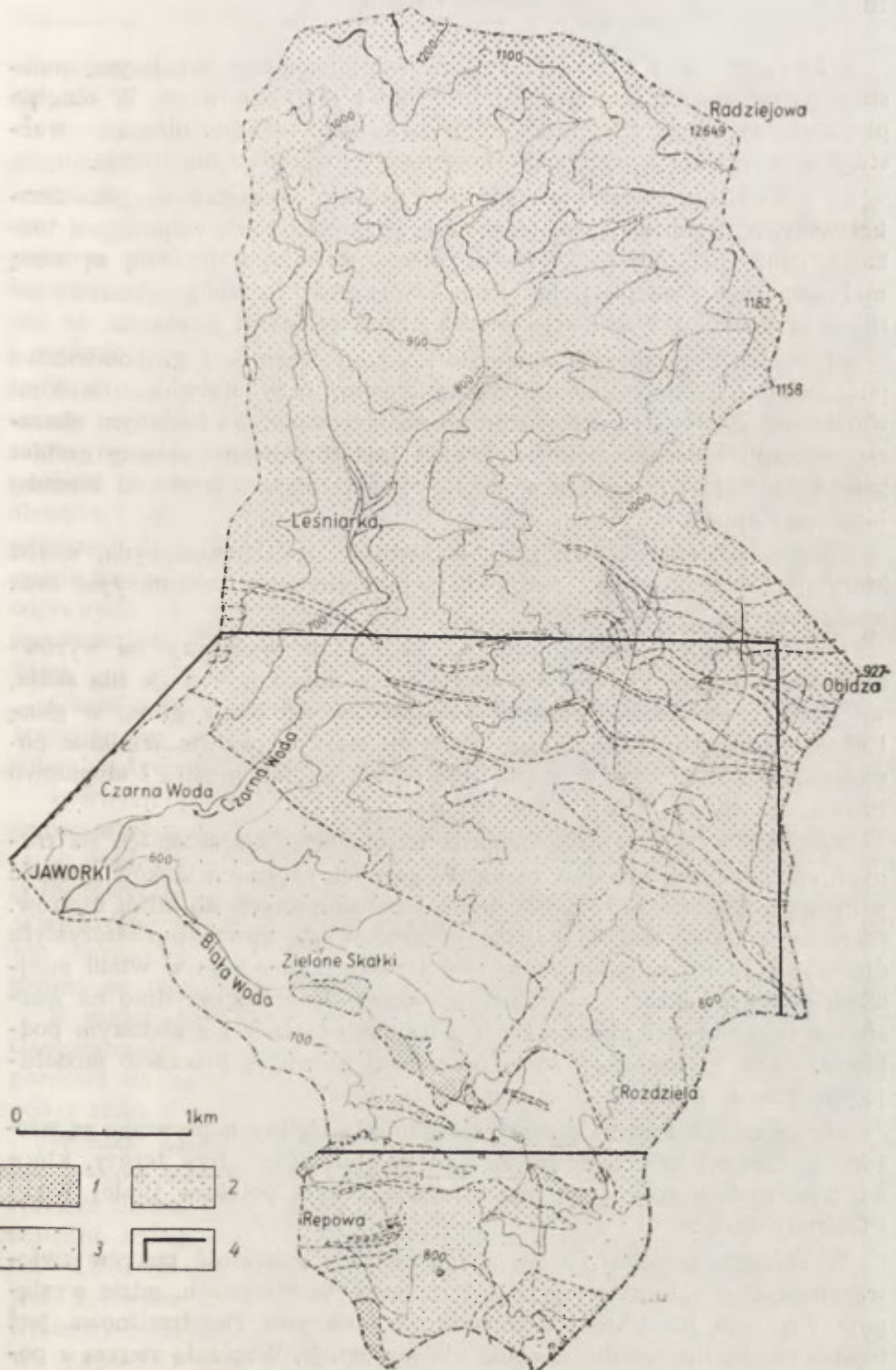
Wapienie jurajskie i dolnokredowe trzykrotnie podlegały fałdowaniom. W okresie fałdowań środkowo- i górnokredowych utworzyły się z nich cztery płaszczowiny. W okresie fałdowań paleogeńskich struktury te — już usztywnione — zostały rozerwane na oddzielne bloki i wyciśnięte w postaci diapirów w paleogeńskie utwory piaskowcowo-ilaiste. Bloki wapienne bardzo twarde i odporne na niszczenie, tkwiąc w osadach mniej odpornych (piaskowcowo-ilastych), zostały z nich wypreparowane i tworzą bardzo różnorodne i malownicze formy skałek wapiennych.

Mapa 2. Mapa odporności skał w dorzeczu Białej Wody i Czarnej Wody (opracowano na podstawie rękopisu mapy geologicznej K. Birkenmajera)

1 — skały odporne (wapienie — jura, kreda dolna), 2 — skały średnio odporne (piaskowce magurskie — paleogen), 3 — skały mało odporne (łupki, piaskowce — kreda, paleogen), 4 — granice załączonego wycinka mapy geomorfologicznej

La carte géologique de la résistance des roches du bassin de Biała Woda et Czarna Woda (élaboré d'après le manuscrit de la carte géologique de K. Birkenmajer)

1 — Les roches résistantes (calcaires — jura, craie basse), 2 — les roches médiocrement résistantes (grès de Magura — paléogène), 3 — les roches peu résistantes (schistes, grès — craie paléogène), 4 — les limites du secteur de la carte géomorphologique ci-inclus



2 -- Współczesny rozwój stoków

Płaszczowina magurska jest elementem młodszym, powstała po paleogenie; budowa jej jest mniej skomplikowana. W obrębie płaszczowiny magurskiej wydzielono dwie serie osadów: niższa — warstwy szczawnickie i wyższa piaskowcowa — warstwy magurskie.

a) Warstwy szczawnickie wieku eoceńskiego, wykształcone jako cienkoławicowe, drobnoziarniste piaskowce, przewarstwione wapnistymi łupkami, silnie pofałdowane i gęsto pocięte strzałką kalcytową są seria mało odporną. Występują one w środkowej części badanego obszaru iznaczają się obniżeniami oraz bardziej zaokrąglonymi formami.

b) Warstwy piaskowca magurskiego jako średnio- i gruboławicowe piaskowce, o spoiwie ilasto-krzemionkowym, przewarstwione cienkimi warstwami łupków, są seria odporną na niszczenie. Na badanym obszarze występują one na północy, z nich jest zbudowany główny grzbiet pasma Radziejowej, a na południu — równoleżnikowa strefa od Wierchliczki po Repową.

Starsze podłoże okrywa płaszcz utworów czwartorzędowych, wśród których można wyróżnić: pokrywy zwietrzelinowe i soliflukcyjne oraz osady rzeczne.

Pokrywa zwietrzelinowa grubości około 2 m występuje na wyrównanych garbach. Jej profil jest normalny: w spągu występuje lita skała, ku górze przechodzi w rumosz, następnie w rumosz z gliną, w glinę i glebę. Rumosz jest chaotycznie rozmieszczony w profilu. Wielkość poszczególnych okruchów oraz ich ilość rośnie w głąb profilu i stopniowo rumosz przechodzi w litą skałę podłoża.

Pokrywy soliflukcyjne występują na stokach. Miąższość ich na różnych odcinkach stoków jest różna. W górnych częściach stoków grubość pokrywy soliflukcyjnej wynosi około 1 m, w dolnych do kilku metrów. Okruchy i bloki skalne tkwiące w środowisku glinasto-piaszczystym dłuższymi osiami są skierowane w dół stoku. Obok tego w wielu miejscach ostrokrawędziste fragmenty piaskowca leżą bezpośrednio na warstwach łupkowych i nie wykazują normalnej łączności z głębszym podłożem. Dane te wskazują, że w przeszłości głównym procesem modelującym stoki był proces soliflukcji.

Osady rzeczne: żwiry piaszczysto-gliniaste i gliny napływowe są włożone w dna większych dolin. Z nich są zbudowane trzy terasy, które we fragmentach biegną po obu stronach koryta potoków Białej Wody i Czarnej Wody.

W różnych częściach omawianego obszaru miąższość pokryw zwietrzelinowych i soliflukcyjnych jest zmienna. W miejscach, gdzie występują wapienie jurajskie i dolnokredowe, pokrywa zwietrzelinowa jest bardzo cienka lub prawie w ogóle nie występuje. Wapienie sterczą z po-

wierzchni stoków jako nagie, kilkunastometrowe skałki o różnych kształtach.

Na obszarach zbudowanych z eoceńskich warstw szczawnickich oraz górnokredowych piaskowców, margli i łupków, pokrywy zwietrzelinowa i soliflukcyjna mają miąższość 1,5—3 m. Pokrywy są gliniasto-piaszczyste z niewielką domieszką materiału ostrokrawędzistego. Grubość pokryw otulających skalne podłoże zbudowane z paleogeńskich piaskowców magurskich o spoiwie przeważnie ilasto-krzemionkowym waha się od 0,5 do 2 m. Pokrywy te zawierają więcej frakcji piaszczystej i większą domieszkę materiału ostrokrawędzistego.

Z punktu widzenia odporności na wietrzenie fizyczne — biorąc pod uwagę ogólny wygląd form (łagodne, strome), typ pokryw zwietrzelinowych (rumoszone, piaszczysto-gliniaste) oraz ich miąższość na starszym podłożu (duża, mała) — podzieliłem skały, z których jest zbudowana zlewnia Eiałej Wody i Czarnej Wody, na: 1) skały odporne, 2) średnio odporne i 3) mało odporne (mapa 2). Do grupy skał odpornych na wietrzenie fizyczne zaliczyłem wapienie jurajskie i dolnokredowe, do średnio odpornych — piaskowiec magurski, do mało odpornych — warstwy szczawnickie, margle i drobnoziarniste piaskowce przewarstwione łupkami.

Określenia: odporne, średnio odporne, mało odporne ogólnie charakteryzują podatność skał na procesy wietrzenia fizycznego, ale nie mówiąc o tempie tych procesów.

Pewnych wskazówek co do tempa procesu wietrzenia fizycznego dostarczają badania laboratoryjne odporności skał na zamrażanie i rozmrażanie. Badania takie polegają na zamrożeniu i rozmrożeniu próbki litej skały nasyconej wodą oraz na notowaniu wszelkich zmian w tej próbce. Wielokrotne powtarzanie takich zabiegów umożliwi dokładne określenie warunków i czasu potrzebnego do rozsypania się całej badanej próbki na piasek.

Z materiałów udostępnionych przez Archiwum Przedsiębiorstwa Geologicznego Surowców Skalnych w Krakowie [18], a dotyczących odporności na zamrażanie i rozmrażanie piaskowca magurskiego, można podać kilka danych o szybkości wietrzenia tego piaskowca.

Wyniki badań laboratoryjnych dotyczyły serii gruboławicowych piaskowców magurskich pochodzących z kamieniołomu w Barcicach koło Nowego Sącza. Piaskowce te — barwy popielatoszarej — charakteryzuje zmienne uziarnienie. Przeważają w nich ziarna drobne i średnie (od 0,2—1,25 mm ϕ) oraz grube o średnicy ponad 1,25 mm. Ziarna są sklejone spoiwem ilasto-krzemionkowym lub marglisto-wapiennym. Ciężar właściwy tych piaskowców wynosi 2,68—2,70 g/cm³, a ciężar objętościowy 2,42—2,61 g/cm³. Porowatość ogólna waha się od 4,07 do 10,04%.

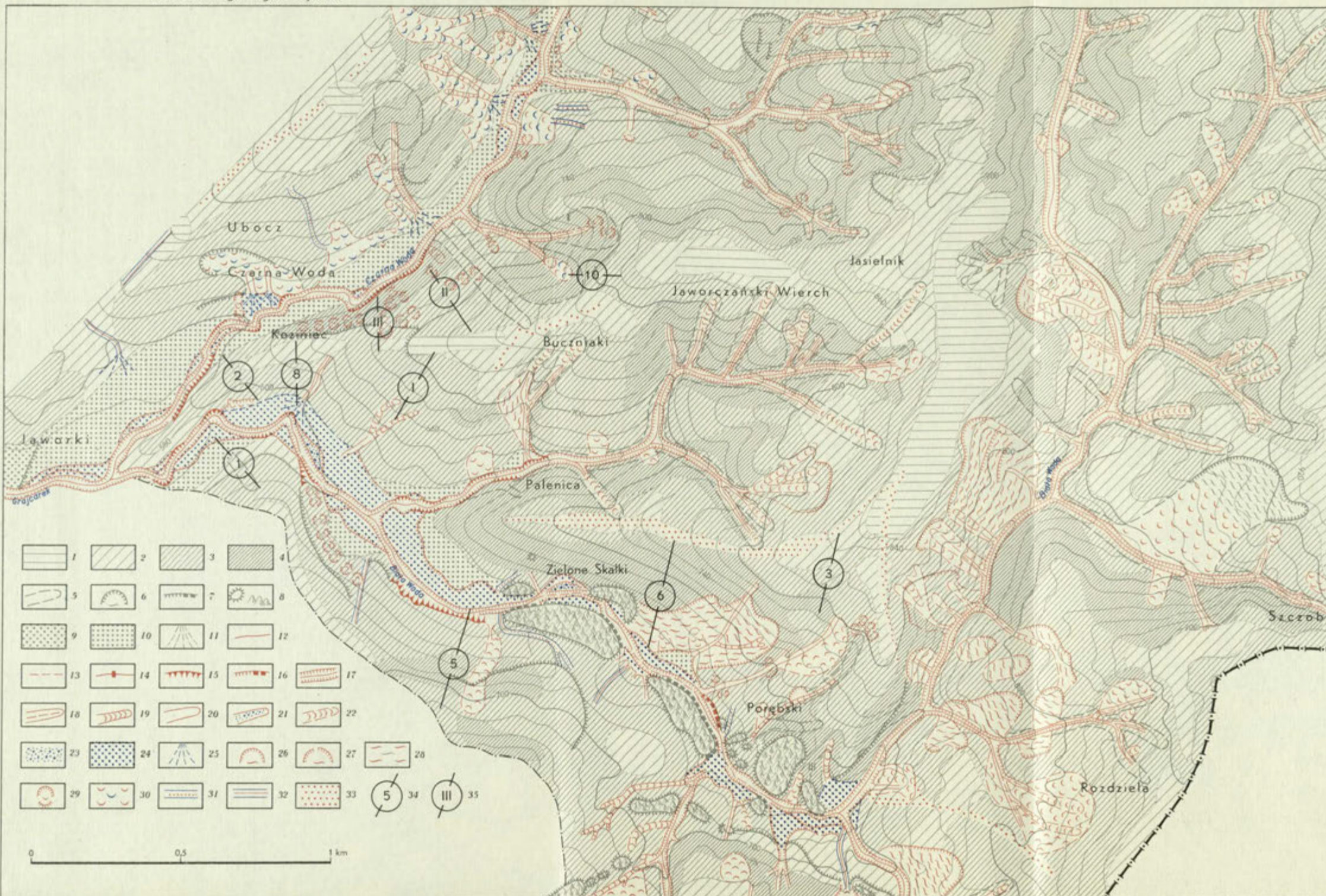
Badania odporności na zamrażanie i rozmrażanie, przeprowadzone na 36 kostkach o wymiarach $5 \times 5 \times 5$ cm wykazały, że 5 kostek rozpadło się na piasek po 17 cyklach zamrażania i rozmrażania, 2 kostki po 21 cyklach, pozostałe 29 kostek po 25 cyklach tylko trochę się osypały.

Ilość cykli zamrażania i rozmrażania potrzebna do całkowitego rozpadnięcia się zwartego piaskowca na piasek wskazuje, że odporność tego samego typu piaskowca jest bardzo zróżnicowana oraz że tempo powstawania piaszczystej zwietrzliny z takiego piaskowca jest bardzo szybkie. Na wyprodukowanie pięciocentymetrowej piaszczystej zwietrzliny na piaskowcu magurskim, przy pełnym jego nasyceniu wodą, potrzeba co najmniej 17 do około 50 całkowitych jego zamarznięć i odmarznięć. Liczby te, w zestawieniu z częstotliwością dni z przymrozkami w ciągu roku (około 70 dni), wskazywałyby na olbrzymie tempo (ponad 5 cm/rck) współczesnego wietrzenia fizycznego. Jednak tak olbrzymie tempo wietrzenia fizycznego może występować tylko w miejscach specjalnie uprzywilejowanych, o pełnym nasyceniu wodą i wystawionych na częste zmiany temperatur. Natomiast w miejscach o niedostycie wilgotności zmiany będą wielokrotnie mniejsze. Również niewielkie zmiany będą na powierzchniach pokrytych kilkunastocentymetrową warstwą zwietrzliny, gdyż częstotliwość zamarzania i odmarzania w ciągu roku na takiej głębokości jest wielokrotnie mniejsza.

RZEŻBA

Obszar zlewni Białej Wody i Czarnej Wody jest rozcięty gęstą siecią głębokich dolin wciętych od 100 do ponad 300 m. Główną sieć dolin stanowią doliny Białej Wody i Czarnej Wody oraz ich większe dopływy. Doliny główne biorą swój początek w podszczytowej strefie pasma Radziejowej na wysokości 1000—1100 m. n.p.m. i biegną w kierunku południowym, tworząc V-kształtne wciosy głęboko wcięte w utwory fliszu magurskiego. Po obu stronach głównych dolin ciągną się zaokrąglone garby rozcięte głębokimi wciosami kilku większych dopływów (mapa 1, 3).

Dolina Białej Wody mniej więcej w środkowym biegu przechodzi na obszar Małych Pienin i tutaj zmienia kierunek z południowego na równoleżnikowy. W początkowej części odcinka równoleżnikowego Biała Woda rozcięła kilka bloków wapieni jurajskich i dolnokredowych, tworząc w ich obrębie przełomowe zwężenie doliny. Za odcinkiem przełomowym dno doliny Białej Wody stopniowo rozszerza się i w jego obrębie występują fragmenty trzech poziomów terasowych na wysokości 2, 5—6 i 8—10 m. We wsi Jaworki do doliny Białej Wody uchodzi prawy dopływ Czarna Woda. Przy ujściu dno doliny Czarnej Wody jest około 200 m szerokie i w jego obrębie, podobnie jak i w obrębie dna doliny Białej Wody, wy-

Instytut Geografii PAN
Prace Geograficzne Nr 52

DRUK WYDAWNICTWA GEOLOGICZNE zlec. 141 - M-11 - EGZ. 837

Mapa 3. Wycinek mapy geomorfologicznej dorzecza Białej Wody i Czarnej Wody

- I. Formy utworzone w pliocenie, modelowane w plejstocenie
- A. Formy utworzone wskutek niszczącej działalności czynników denudacyjnych:
- 1 - spłaszczenia denudacyjne (fragmenty pliocenickich powierzchni destrukcyjnych)
- B. Formy utworzone wskutek niszczącej działalności wody płynącej przy współdziałaniu procesów denudacyjnych
- Zbocza dużych dolin rzecznych i stoki grzbietów:
- 2 - o nachyleniu 5-10°, 3 - o nachyleniu 10-18°, 4 - o nachyleniu ponad 18°
- II. Formy założone i modelowane w plejstocenie
- A. Formy utworzone przez niszczącą działalność wody płynącej i czynników denudacyjnych:
- 5 - doliny nieckowate wyścielone pokrywami soliflukcyjnymi, 6 - nisze osuwiskowe dobrze zachowane, 7 - nisze osuwiskowe źle zachowane
- B. Formy strukturalne związane z różną odpornością skał:
- 8 - wypreparowane pojedyncze bloki skalne (skałki)
- C. Formy utworzone przez budującą działalność wody płynącej:
- 9 - równina akumulacji rzecznej z okresu środkowopolskiego, 10 - równina akumulacji rzecznej z okresu bałtyckiego, 11 - równina stożka napływowego z okresu bałtyckiego
- III. Formy założone i modelowane w holocenie
- A. Formy utworzone przez niszczącą działalność wody płynącej:
- 12 - koryta wycięte w skale, 13 - koryta wycięte w materiale akumulacyjnym, 14 - progi w korycie, 15 - krawędzie erozyjne podcinane współcześnie, 16 - krawędzie erozyjne nie podcinane współcześnie
- Dolinki erozyjne modelowane przy współdziałaniu procesów denudacyjnych:
- 17 - duże doliny wciosowe, 18 - małe doliny wciosowe, 19 - wąwozy, 20 - debrze, 21 - parowy, 22 - wzdoly
- B. Formy utworzone przez budującą działalność wody płynącej:
- 23 - równina kamieńca, 24 - równiny teras holocenickich, 25 - równina stożka napływowego
- C. Formy utworzone przez niszczącą działalność czynników denudacyjnych:
- 26 - nisze osuwisk zwietrzelinowych dobrze zachowane, 27 - nisze osuwisk zwietrzelinowych źle zachowane, 28 - wały i obniżenia w obrębie mas osuwiskowych, 29 - małe zerwy i zsuwy zwietrzelinowe, 30 - złaziska stokowe
- D. Formy antropogeniczne utworzone przy współdziałaniu procesów denudacyjnych:
- 31 - wcięcia drogowe słabo przeobrażone, 32 - wcięcia drogowe silnie przeobrażone, 33 - wypłuczka (powierzchnie kamieniste o zdegradowanej pokrywie glebowej na miejscu dawnych dróg), 34 - stoki na których prowadzono stacjonarne badania nad spłukiwaniem w latach 1955-1959, 35 - stoki na których prowadzono stacjonarne badania nad spłykiem w latach 1955-1958

Le secteur de la carte géomorphologique du bassin de Biała Woda et Czarna Woda

- I. Les formes créées dans le Pliocène, modelées dans le Pléistocène
- A. Les formes créées par suite de l'activité destructive des facteurs dénudatifs:
- 1 - les aplatissements dénudatifs (fragments de surfaces destructives du Pliocène)
- B. Les formes créées par suite de l'activité destructive de l'eau courante et avec la participation des procès dénudatifs
- Les talus de grandes vallées fluviales et les versants des crêtes:
- 2 - à inclinaison 5-10°, 3 - à inclinaison 10-18°, 4 - à inclinaison au-dessus de 18°
- II. Les formes établies et modelées dans le Pléistocène
- A. Les formes créées par l'activité destructive de l'eau courante et des facteurs dénudatifs:
- 5 - les vallons en berceau tapissés de sédiments de solifluxion, 6 - les niches de glissement bien conservées, 7 - les niches de glissement mal conservées
- B. Les formes structurales liées avec la résistance variée des roches:
- 8 - blocs particuliers préparés des roches
- C. Les formes créées par l'activité constructive du cours d'eau:
- 9 - la plaine d'accumulation fluviale de la période moyenne-polonaise (Riss), 10 - la plaine d'accumulation fluviale de la période balte (Würm), 11 - la plaine du cône alluvial de la période balte (Würm)
- III. Les formes établies et modelées dans le Holocène
- A. Les formes créées par l'activité destructive du cours d'eau:
- 12 - lits de la rivière, érodés dans la roche, 13 - lits de la rivière érodés dans le matériel d'accumulation, 14 - les cascades dans le lit, 15 - les rebords de terrasse sapée à l'époque actuelle, 16 - les rebords de terrasse fixée à l'époque actuelle
- Les vallons érosifs, modelés avec la collaboration des processus dénudatifs
- 17 - les grandes vallons en V, 18 - les petites vallons en V, 19 - les ravineaux, 20 - les ravineaux concentrés, 21 - les vallons à fond plat, 22 - les vallons à fond plat glissement
- B. Les formes créées par suite de l'activité constructive de l'eau courante:
- 23 - la plaine de l'accumulation des galets et des sables actuelle, 24 - les plaines des terrasses d'inondation contemporain, 25 - la plaine du cône alluvial
- C. Les formes créées par l'activité destructive des facteurs dénudatifs:
- 26 - les niches de glissement bien conservées, 27 - les niches de glissement mal conservées, 28 - les terrassements et affaissements dans la sphère des masses de glissement, 29 - les petites coulées boueuses, 30 - la solifluxion pelliculaire dans les versants
- D. Les formes anthropogéniques, créées avec la collaboration des processus dénudatifs
- 31 - les incisions des routes faiblement transformées, 32 - les incisions des routes fortement transformées, 33 - rinçages (surfaces pierreuses avec une couche de sol dégradée à la place d'anciennes voies), 34 - versants sur lesquels on a fait les mesures stationnaires sur le ruissellement dans les années 1955-1959, 35 - versants sur lesquels on a fait les mesures stationnaires sur la reptation et le glissement dans les années 1955-1958

stępują fragmenty trzech poziomów terasowych. Dwie terasy niskie (2 i 5—6 m) tworzą się współcześnie. Terasa wyższa — dziesięciometrowa — jest terasą bałtycką. O jej wieku świadczy łagodne przejście równiny terasy w stoki wyścielone pokrywami soliflukcyjnymi oraz wycięcie w jej obrębie dwóch niższych teras.

Do Białej Wody, o przebiegu równoleżnikowym, uchodzą z północnych stoków Małych Pienin dwa lewoboczne wciosy potoków: Wierchliczki i Repowego. Ogólny wygląd tych dolin jest taki, jak dolin wyciętych w pasmie Radziejowej. Nowym elementem tej części obszaru są wapienne skałki. Występowanie ich wiąże się z bardzo złożoną tektoniką i dużymi różnicami odporności skał. Twarde bloki wapienne, tkwiąc w mało odpornych skałach fliszowych, wskutek erozji i denudacji zostały z nich wypreparowane.

Doliny Białej Wody i Czarnej Wody w górnych odcinkach mają kształt ostrych, głęboko wciętych wciosów. Charakteryzują się one stromymi do 30° i powyżej 30° zboczami oraz wąskimi, erozyjnymi korytami o dużych ($2-10^\circ$) i niewyrównanych spadkach. Blisko ujścia dna dolin rozszerzają się, a spadki potoków maleją do około 1° ; nachylenia stoków w dolnych odcinkach maleją do około 25° . Do dolin głównych uchodzą doliny boczne o profilach podobnych do profili górnych odcinków dolin głównych.

W dolinach głównych i większych dopływów nad korytami występują wyraźne załomy. Wysokość tych załomów w górnych i środkowych odcinkach dolin waha się od 6 do 20 m, a w dolnych od 5 do 12 m. Powstanie załomów wiąże się z erozyjną działalnością wód w korytach potoków, a ich wysokość określa rozmiary holocenijskiego odmłodzenia. Zbocza dolin holocenijskich mają nachylenie powyżej 50° .

Ponad górnym załomem holocenijskich zboczy rozciągają się stoki długie od 50 do 600 m, nachylone od 5 do ponad 30° . Duże nachylenie stoków występuje zwykle w partiach przydolinnych, mniejsze w partiach wododzielnych na zackrąglonych garbach. Powszechną formą są stoki o kształcie prostym, wypukłym i wypukło-wklęsłym. Stoki proste i wypukło-proste powszechnie występują w górnych odcinkach większych dolin, a stoki wypukłe i wypukło-wklęsłe w środkowych i dolnych.

Prócz form opisanych na terenie Małych Pienin w kilku miejscach występują stoki typu krawędziowego.

W obrębie stoków dolin głównych i ich większych dopływów występują dolinki nieckowate, o dnie suchym i podmokłym, oraz małe dolinki V-kształtne i skrzynkowe, jak: debrze, wciosy, parowy, wądoły. Dolinki nieckowate występują zwykle w górnych partiach stoków, a w środkowych i dolnych są one odmłodzone przez wciosy, parowy lub wądoły. Ogólna długość dolin nieodmłodzonych i odmłodzonych wynosi 76,8 km:

Tabela 1
 Rozmiary głównych typów form holocenijskich w zlewniach Białej Wody i Czarnej Wody

Powierzchnia zlewni Białej Wody i Czarnej Wody km ²	Długość dolin km			Głębokość dolin holocenijskich m		Przeciętna odległość górnych żałomów zbocz do linii holocenijskich m	Powierzchnia zajęta przez			
	nieodmłodzonych w holocenie	słabo odmłodzonych w holocenie	silnie odmłodzonych w holocenie	maksymalna	przeciętna		erozyjne formy holocenijskie km ²	holocenijskie osuwiska km ²	wyrównane wierzchołki i równiny teras km ²	stoki nieprzekształcone przez osuwiska km ²
23	12	7,8	57,0	20	8	10	0,57	2,95	0,82	18,65
	Razem			76,8						

a) doliny nieodmłodzone (suche niecki) — 12 km długie,

b) doliny bardzo słabo odmłodzone (niecki o dnie podmokłym, pełznącym) — 7,8 km,

c) doliny bardzo silnie odmłodzone (wciosy, debrze, parowy, wądoły) — 57 km.

Na stokach obok form erozyjnych powszechnie występują osuwiska. Wielkość i głębokość tych form jest bardzo różna. Występują osuwiska duże i głębokie oraz małe. Tam gdzie występują formy osuwiskowe, kształty stoków są silnie zróżnicowane. W obrębie stoków występują wtedy strome ściany, spłaszczenia, szczeliny, nabrzemia i obniżenia.

Formy erozyjne zajmują 0,57 km², a osuwiska 2,95 km² powierzchni. Powierzchnia zajęta przez te dwa typy form holocenijskich wynosi 3,52 km², co stanowi 15% powierzchni całego obszaru (tab. 1).

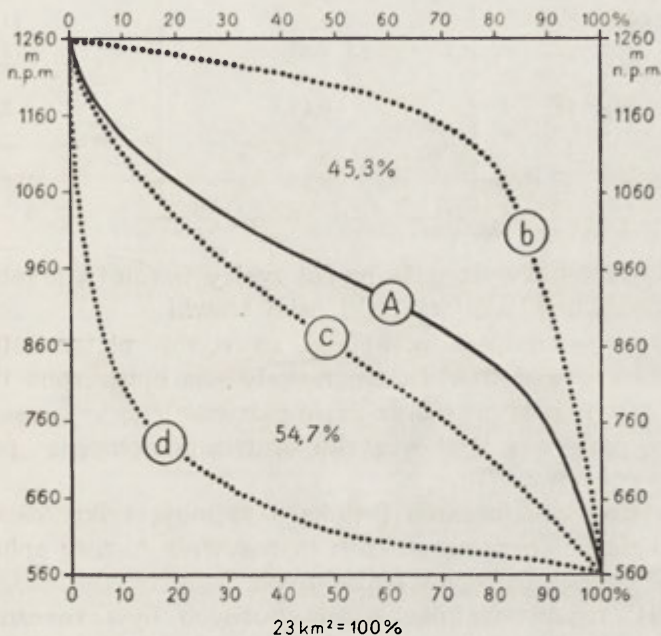
Zarys rozwoju rzeźby

Na omawianym obszarze większe doliny mają założenia pliocenijskie. O takim wieku dolin można sądzić na podstawie osadów górnopliocenijskich stwierdzonych w dnach dolin o podobnym wyglądzie na obszarze sąsiedniego pasma Lubania [40].

W plejstocenie rzeźba omawianego obszaru uległa znacznym przeobrażeniom. Wskazuje na to brak osadów ze starszego plejstocenu oraz kilkumetrowe pokrywy osadów rzecznych i soliflukcyjnych z glaciału bałtyckiego.

W holocenie rzeźba uległa nowym przeobrażeniom [70]. W tym czasie dna dolin z okresu bałtyckiego zostały pogłębione 5—20 m, a na stokach powstało wiele osuwisk.

Pod względem stadium rozwoju rzeźba omawianego obszaru wskazuje na jego późną młodość. Ilustruje to krzywa hipsograficzna (ryc. 1), która cała mieści się między krzywymi Strahlera obrazującymi stadia młodociane i dojrzałe.



Ryc. 1. Krzywa hipsograficzna dla dorzecza górnego Grajcarca (A) na tle krzywych A. N. Strahlera ilustrujących 3 główne stadia rozwoju rzeźby

b — stadium młodociane, c — stadium dojrzałe, d — stadium starcze

SZATA ROŚLINNA

Na badanym obszarze można wyróżnić cztery główne typy szaty roślinnej: 1) las, 2) krzewy jałowca, 3) łąki i pastwiska, 4) pola orne (mapa 1, tab. 2).

Lasy. Zwarte kompleksy leśne występują w źródłowym obszarze Czarnej Wody i na stromych stokach głębokich wcięć dolinnych. Gatunkiem panującym jest świerk z niewielką domieszką buka i jodły.

Łąki i pastwiska występują na wododziałach i na stokach. Porost roślinności trawiastej jest trwały, a gęstość pokrycia gleby

Tabela 2

Główne typy użytkowania ziemi w zlewniach Białej Wody i Czarnej Wody w 1958 r.

Typ użytkowania	Powierzchnia km ²	Powierzchnia w stosunku do całego obszaru %
Las	10,17	44,5
Jałowczyska	2,34	9,3
Łąki i pastwiska	9,57	41,2
Pola orne	0,68	3,0
Nagie skałki i drogi gospodarcze	0,43	2,0
Razem	23,19	100,0

70—80%. Najczęściej występuje zespół życicy trwałej i grzebienicy polspolitej oraz zbiorowiska bliźniczki psiej trawki.

Krzewy jałowca porastają zwartymi płatami strome części stoków i obszary wododzielne. Opanowały one opuszczone i silnie zdegradowane dawne pola orne oraz część pastwisk.

Las, łąki, pastwiska i jałowczyska skutecznie chronią powierzchnię gleby przed splukiwaniem.

Pola orne na terasach i stokach zajmują tylko 3% ogólnej powierzchni. Pola położone na stokach intensywnie niszczy splukiwanie — zwłaszcza w okresie roztopów wiosennych.

Przed 1947 r. powierzchnia gruntów ornych była znacznie większa. Świadcą o tym dobrze wykształcone terasy rolne powszechnie występujące na łąkach i pastwiskach.

Nagie skałki i drogi gospodarcze zajmują 2% ogólnej powierzchni. Drogi gospodarcze w obrębie stoków są silnie zniszczone i ułatwiają liniowy spływ wód, powiększają naturalną sieć hydrograficzną.

KLIMAT

Klimat badanego obszaru należy do karpackiej dzielnicy klimatycznej [29]. Jest to klimat umiarkowanie wilgotny o przeciętnych opadach 820 mm w ciągu roku, o średniej temperaturze stycznia $-4,9^{\circ}\text{C}$, lipca $+17,3^{\circ}\text{C}$ [49]. Cechą charakterystyczną klimatu tego obszaru jest duża amplituda temperatur dobowych oraz zmienność stanów pogody. Z roku na rok zmienia się charakter zim. Występują zimy mroźne i śnieżne oraz zimy odwilżowe. Przepiętny czas trwania pokrywy śnieżnej w latach 1901—1910 wynosił 91 dni w roku, a przeciętna ilość dni z mrozem 51

[49, 50]. Ilość i charakter opadów w miesiącach letnich poszczególnych lat ulega dużym wahaniom. Maksimum opadów miesięcznych raz przypada na czerwiec, w innym roku na lipiec lub sierpień. Opady letnie w znacznej części mają charakter burzowy. Wielkość opadu na dobę przekracza często 50 mm, czasem — np. w 1958 r. — osiąga nawet ponad 100 mm.

Dla obszaru Jaworek, położonych około 580 m n.p.m., gdzie prowadziłem systematyczne badania nad splukiwaniem i spełzywaniem, brak dłuższej serii obserwacji poszczególnych elementów meteorologicznych. W tabeli 3 podano średnie temperatury stycznia i lipca oraz sumy rocznych opadów dla lat, w których prowadzono badania.

Z porównania rocznych sum opadów stacji Jaworki w latach 1956—1957 ze średnią wieloletnią stacji Szczawnica wynika, że roczne opady dla stacji Jaworki w latach 1956—1957 są niższe o około 100 mm od średniej wieloletniej stacji Szczawnica. Lata te należą do suchych.

Suma opadów 1959 r. jest zbliżona do średniej wieloletniej Szczawnicy, dlatego 1959 r. można uważać za przeciętny. Natomiast w latach

Tabela 3

Średnie temperatury stycznia i lipca oraz sumy rocznych opadów ze stacji Jaworki za okres 1955—1959 r.

Temperatury i opady	L a t a					Średnie z wielolecia ze stacji Szczawnica 1891—1910
	1955	1956	1957	1958	1959	
Średnia temperatura stycznia	−4,7*	−3,4	−3,4	−6,7	−5,1	−4,9
Średnia temperatura lipca	16,0	13,9	16,5	14,6	12,2	17,3
Suma opadów za rok mm	972,0*	720,0	739,6	1001,5	840,6	820,0
Suma opadów za VI, VII, VIII mm	424,1*	327,5	351,5	463,8	441,8	—
Typ roku w odniesieniu do średniej z wielolecia ze stacji Szczawnica	mokry	suchy	suchy	mokry	przeciętny	przeciętny

* Dane ze stacji Szczawnica (około 500 m n.p.m.). Pozostałe dane ze stacji Jaworki (580 m n.p.m.).

1955 i 1958 sumy rocznych opadów są o około 200 mm wyższe od średniej wieloletniej. Lata te należą do mokrych.

Rozkład opadów w poszczególnych latach charakteryzował się dużą koncentracją deszczów w czerwcu, lipcu i sierpniu. W tych trzech miesiącach spadło około 50% rocznych opadów. Na badanym terenie w znacznej mierze opady te miały charakter opadów burzowych, a ilość wody deszczowej w ciągu doby osiągała nawet ponad 100 mm.

Obok ilości i natężenia opadów letnich duży wpływ na rozmiary współczesnych procesów morfogenetycznych ma reżim termiczny okresów zimowych oraz wielkość opadów w postaci śniegu. Pod tym względem zimy w Jaworkach w ciągu badanych lat dość wyraźnie odbiegały od średniej wieloletniej zimy Szczawnicy. Z analizy tabeli 4 wynika, że na podstawie temperatury i opadów można wyróżnić 3 typy zim:

- 1) mroźna i śnieżna,
- 2) mroźna z małą ilością śniegu,
- 3) ciepła z małą ilością śniegu.

Tabela 4

Reżim termiczno-opadowy zimą dla stacji Jaworki w latach 1956—1959

Zima	Dni ze zwartą pokrywą śnieżną	Dni bez zwartej pokrywy śnieżnej	Dni z przy-mrozkami*	Dni z mro-zem**	Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej cm	Typy zim
1955/56	62	56	88	65	70	mroźna, śnieżna
1956/57	13	56	91	64	15	mroźna z małą ilością śniegu
1957/58	30	47	69	84	40	mroźna z przeciętną ilością śniegu
1958/59	36	60	86	33	38	ciepła z małą ilością śniegu
Średnia z wielolecia dla Szczawnicy za okres 1901—1910 r.	—	—	—	51	66	przeciętna za 10 lat

* Dni w których temperatura minimalna przynajmniej raz w ciągu doby była poniżej 0°C.

** Dni w których temperatura maksymalna przez całą dobę była poniżej 0°C.

GLEBY

Gleby rozwinęły się na pokrywach zwietrzelinowych i soliflukcyjnych. Na omawianym obszarze wyróżniono [14, 17] 5 typów gleb: 1) brunatne, 2) bielcowe, 3) mady, 4) rędziny, 5) gleby bagienne. Największą powierzchnię około 85% obszaru zajmują gleby brunatne i bielcowe. Pozostałe 15% zajmują mady, rędziny w początkowym stadium rozwoju i gleby bagienne.

Gleby brunatne występują na stromych stokach, bielcowe na spłaszczeniach i zaokrąglonych garbach.

Pod względem ogólnego składu mechanicznego gleby brunatne i bielcowe należą do gleb średnio (10—50%) i silnie (powyżej 50%) szkieletowych. Natomiast pod względem składu mechanicznego frakcji ziemistych (poniżej 1 mm ϕ) gleby te należą do glin lekkich, średnich i ciężkich², a pod względem miąższości należą do głębokich (50—100 cm) i bardzo głębokich (ponad 100 cm).

Przepuszczalność gleb brunatnych i bielcowych w powierzchniowej warstwie jest duża, związana głównie ze sposobem użytkowania. Na polach ornych szybkość wsiąkania wynosi około 35 mm/min, w lesie około 2,5 mm/min, a na pastwisku 0,7 mm/min (tab. 5). Tak znaczne różnice prędkości wsiąkania tych trzech typów użytkowania zależą od struktury gleby.

Użytki rolne spulchniane przez orkę mają dobrą, gruzełkową strukturę, dużą ilość niekapilarnych przestworków, którymi woda swobodnie może się przesączać w głąb gleby.

W lesie prędkość wsiąkania — w porównaniu z użytkami rolnymi — jest około 14 razy mniejsza. Wiąże się to z dużą ilością słabo rozłożonej próchnicy, co pogarsza strukturę powierzchniowej warstwy gleby i zmniejsza ilość i wielkość przestworków niekapilarnych, a to utrudnia przesiąkanie wody w głąb gleby.

Na pastwisku gleba bardzo zbita wskutek udeptywania jej przez owce i bydło traci swoją strukturę. Prowadzi to do jeszcze większego zmniejszenia prędkości wsiąkania. W porównaniu z polem ornym prędkość wsiąkania na pastwisku jest około 50 razy mniejsza, a w porównaniu z lasem około 3,5 razy mniejsza.

Obok sposobu użytkowania i z nim związanej struktury gleby duży wpływ na prędkość wsiąkania ma aktualna wilgotność gleby. Widać to dabrze z tabeli 5, z której wynika, że im większa wilgotność, tym mniejsza prędkość wsiąkania. Ogólnie można stwierdzić, że zwiększenie wilgotności gleby o 10% powoduje jej pęcznienie i zmniejsza szybkość wsią-

² Według klasyfikacji gleb Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego gliny lekkie zawierają 20—35% części spławialnych, średnie — 35—50%, ciężkie ponad 50%.

Prędkość wsiąkania wody w glebę o składzie mechanicznym gliny lekkiej przy różnych sposobach jej użytkowania

Numer cylindra	Warstwa gleby cm	Wilgotność gleby przed badaniem %	Wysokość wody własnej do cylindra mm	Ubytek wody w cylindrze w mm po:														Prędkość wsiąkania w I fazie pomiaru mm/min	Prędkość wsiąkania w II fazie pomiaru mm/min	Prędkość wsiąkania w III fazie pomiaru mm/min	Wilgotność gleby po badaniach %
				20"	30"	1'50"	2'30"	4'	11'	18'	21'	22'	25'	39'	49'						
Pastwisko																					
I	0-2	16,1																	25,0		
	2-6	13,9	30												15		24	0,68	0,33	18,3	
	6-10 10-15	14,6 14,1																		23,5 16,6	
II			30												15		23	0,66	0,44		
Las																					
I	0-2	15,5																		80,1	
	2-6	9,8	50					15	30	41								3,75	2,14	1,57	25,4
	6-10	8,8																			22,0
II			50						15	20							24	1,36	0,71	0,57	
Pole orne — rżysko																					
I	0-2	12,2	50		15		45											30	15		25,7
	2-10	17,0																			24,3
II			50	15		45												45	19,8		

kania o połowę. Gleby zawierające dużą ilość cząstek spławialnych (o średnicy poniżej 0,02 mm) o małych wymiarach i tabliczkowym kształcie w masie 1 cm³ mają olbrzymią zbiorczą powierzchnię; w masie tej poszczególne cząstki spławialne są otoczone wodą błonkową. Grubość otoczek wodnych może być mniejsza lub większa. Z chwilą nawilgacania gleby grubość ich wzrasta, powiększając objętość poszczególnych cząstek. Z powiększeniem objętości maleją wolne przestrzenie między cząsteczkami, a zawarte w tych przestrzeniach powietrze ciśnieniem swoim przeciwstawia się przesączeniu wody w głąb, czyli zmniejsza się szybkość wsiąkania. Inaczej przedstawia się wsiąkanie, gdy gleba traci wilgoć. W procesie wyparowywania wody z gleby początkowo występują w niej zluźnienia między cząstkami, które w miarę dalej postępującego wyparowywania prowadzą do kurczenia się materiału glebowego, powstawania w nim szczelin, co zwiększa prędkość wsiąkania.

Znaczna miąższość pokrywy glebowej, jej różnorodny skład mechaniczny, gruzelkowata struktura oraz duża porowatość — około 30—50% ogólnej objętości — sprawiają, że gleby omawianego obszaru charakteryzuje duża pojemność retencyjna dla wód opadowych oraz znaczna odporność na spłukiwanie.

Z różnic prędkości wsiąkania wody w glebę w obrębie trzech głównych typów użytkowania wynika, że największe i najczęstsze możliwości wystąpienia spływu powierzchniowego są na stokach pastwiskowych, mniejsze na stokach porośniętych lasem, najmniejsze na stokach ornych. Taki obraz stosunków potwierdza również aktualna wilgotność gleby, która zwykle przez dłuższy czas jest większa na pastwisku i w lesie niż na polach ornych.

WODY

Badany obszar jest pokryty siecią potoków stałych i okresowych (mapa 1). Źródła stanowią początek stałych potoków. Powyżej źródeł występują odcinki dolin suchych, którymi woda spływa okresowo. Źródła występują niemal na każdej wysokości, co się wiąże z budową geologiczną. Na omawianym terenie występują 283 źródła. Większość ich grupuje się w górnych i środkowych odcinkach dolin; w odcinkach dolnych jest ich mniej. Wśród źródeł przeważają: zwietrzelinowe, skalno-zwietrzelinowe i młaki. Wydajność źródeł ulega dużym wahaniom. Po większych opadach, np. w 1958 r. wydajność niektórych źródeł wynosiła 2—3 l/sek, natomiast w okresach suszy wydajność tych samych źródeł spada poniżej 0,1 l/sek, a nawet wiele źródeł zupełnie wtedy zanika (np. w pierwszej połowie lipca 1957 r.). Największą wydajność mają źródła występujące na kontakcie uszczelinionych piaskowców z nieprzepuszczalnymi łupkami oraz poniżej dużych obszarów osuwiskowych.

Duże wahania wydajności znacznej ilości źródeł wskazują na małą zasobność zbiorników retencyjnych.

Potoki stale prowadzące wodę mają koryta wycięte w skale. W ich dnie często występują progi skalne. Spadek koryt waha się w granicach 2—30%. W górnych odcinkach dolin występują spadki 8—30%, w dolnych i środkowych są mniejsze — 2—8%. Przy niskich stanach wody potoki prowadzą mało wody. W okresach raptownych roztopów, długotrwałych deszczów i dużych ulew letnich potoki szybko wzbierają. Szybki przybór wód w korytach potoków i cieków zależy od intensywnego spływu ze stromych stoków.

O wielkości spływu powierzchniowego pewne wskazówki daje stosunek długości cieków stałych (50,7 km) do długości cieków okresowych (28,2 km). Stosunek ten na omawianym obszarze wynosi około 1,7 — na korzyść cieków stałych. Wskazuje to, że wsiąkanie wód opadowych w głąb przeważa nad powierzchniowym spływem.

Według K. Figuły [20] wielkość rocznego odpływu z omawianych zlewni w 1956 i 1957 r. przy opadzie 820 mm wynosiła 400 mm.

Gólna twardość wód odpływających z badanych zlewni, określona metodą elektrooporową przez prof. J. Corbela, wynosiła 130 mg/l. Liczka ta pomnożona przez wielkość rocznego odpływu daje ilość rozpuszczonych składników, które odprowadziła odpływająca woda. W przeliczeniu na rok i km² wynosi to 26 m³ substancji rozpuszczalnych. Odpowiada to obniżeniu całej powierzchni o 0,026 mm/rok.

STACJONARNE BADANIA NAD SPŁUKIWANIEM

Stacjonarne badania nad spłukiwaniem prowadziłem na 6 stokach wybranych na terenie zlewni Białej Wody w nieznacznej odległości od wsi Jaworki (mapa 3). Różniły się one między sobą kształtem (wypukło-wklęsłe, jednostajnie nachylone), długością (50, 80, 170, 300 m), m kroczeń (z terasami rolnymi lub bez nich), składem mechanicznym okrywających je gleb (glina ciężka, średnia lub lekka), ekspozycją (południowa, północna, północno-zachodnia, południowo-zachodnia, południowo-wschodnia) i użytkowaniem (łąka, pastwisko, pole orne, las).

Cykles badań na poszczególnych stokach był różny. Na dwóch stokach pomiary prowadziłem przez 46 miesięcy, na trzech stokach przez 32 miesiące, a na jednym stoku tylko przez 5 miesięcy (tab. 6).

PRZYRZĄDY I TECHNIKA WYKONYWANIA POMIARÓW

Rozwój i natężenie procesu spłukiwania ma inny przebieg na stokach łąkowych, a inny na stokach zajętych pod uprawę rolną. Na stokach łąkowo-pastwiskowych spływająca woda przeważnie jest prawie czysta

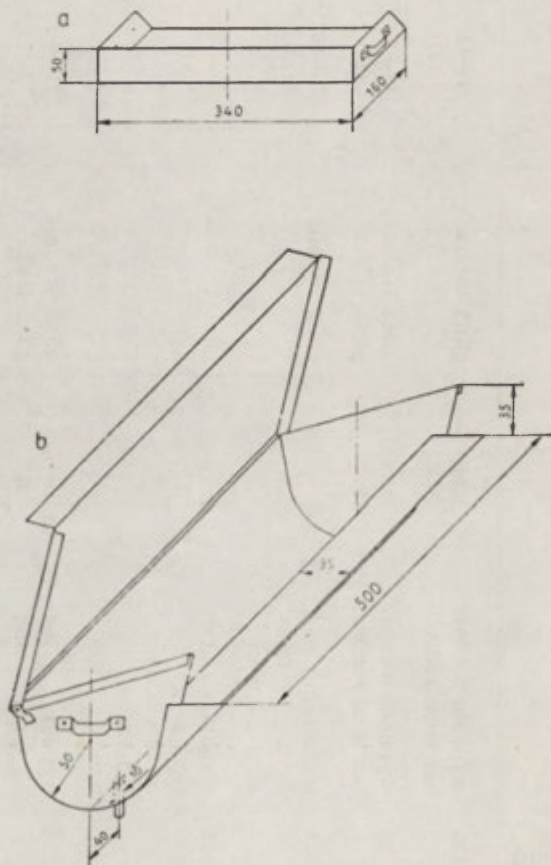
Ogólna charakterystyka stoków oraz okres i częstość wykonywania na nich pomiarów spłukiwania

Stok	Długość stoku m	Ogólny kształt (mikrorzeźba)	Użytkowanie Ekspozycja	Skład mechaniczny gleby	Numery i ilość łapaczy	Okres badań	Ilość mie- sięcy	Częstość wybierania materiału z łapaczy w okresie badań
1	130	wypukło-wklęsły bez teras rolnych	łąka NW	glina ciężka	1—12 (12)	7 XI 1955 — 4 VII 1958	32	13
2	85	wypukło-wklęsły bez teras rolnych	łąka SE	glina lekka glina ciężka	13—27 (15)	7 XI 1955 — 4 VII 1958	32	13
3	185	jednostajnie na- chylony z tera- sami rolnymi	pastwisko SW	glina średnia	91—102 (12)	8 XI 1955 — 4 VII 1958	32	14
5	300	wypukło-wklęsły typu progu strukturalnego z terasami rol- nymi	łąka N	glina średnia glina lekka	61—90 (30)	9 XI 1955 — 26 VIII 1959	46	44
6	234	wypukły z jed- ną terasą rolną	pastwisko S	glina średnia glina lekka	31—60 (30)	9 XI 1955 — 26 VIII 1959	46	44
8	180	wypukło-wklęsły z terasami rol- nymi	w górze ugor w dole pole orne SW	glina lekka	119—127 (9)	8 XI 1955 — 11 IV 1956	5	1
10	55	wypukły	las NW	glina średnia	ćwierć rynny E-E ₁	25 V 1959 — 26 VIII 1959	3	5

i nie tworzy wyraźnych mikroform w postaci żłobin. Na stokach uprawianych rolniczo płynąca woda tworzy wyraźne żłobiny, odprowadzając w dół stoku wielką ilość materiału glebowego. Duże różnice w ilości spłukiwanego materiału ze stoków łąkowych i uprawianych rolniczo sprawiły, że do określenia rozmiarów spłukiwania dla każdego typu użytkowania stoku zastosowałem inną metodę pomiaru [23, 26].

Przyrządy zastosowane na stokach łąkowo-pastwiskowych

Do określenia rozmiarów spłukiwania na stokach łąkowych i pastwiskowych zastosowałem początkowo łapacze [27] wykonane według wzoru Schmid'a [67], a później rynny (ryc. 2).



Ryc. 2. Przyrządy służące do określania rozmiarów spłukiwania na stokach łąkowych i leśnych
a — łapacz Schmid'a, b — rynna

Łapacz Schmidta to prostokątne, blaszane pudełko o wymiarach 340 × 160 × 50 mm, z trzech stron ograniczone ściankami. Bok nie mający ścianki stanowi wlot do pudełka. Dwie ścianki boczne mają uchwyty; za pomocą uchwytów oraz szpilek geodezyjnych pudełko mocno i szczelnie przytwierdzono do powierzchni stoku.

Ponieważ łapacz Schmidta był płytki i miał małą pojemność, spływająca po stoku woda szybko wypełniała go i przelewała się przez górny jego brzeg. Przelewanie się wody z łapacza budziło wątpliwości co do dokładności pomiarów wykonywanych za pomocą tych przyrządów. Nasuwało się pytanie, czy przelewająca się woda z łapacza zawiera jeszcze materiał, czy w całości zrzuca go w łapaczu. Dla dania odpowiedzi skonstruowałem specjalną blaszaną rynnę (ryc. 2) 500 mm długą, 100 mm szeroką i 80 mm głęboką. W jej dnie znajdował się otwór zakończony kilkucentymetrową rurką. Na rurkę był założony wąż gumowy odprowadzający wodę wraz ze spłukanym materiałem do butli 5 lub 10 litrowej. Rynna była przykryta ruchomą pokrywą, która nie dopuszczała dopływu wody pochodzącej wprost z opadów atmosferycznych. Boczne ścianki rynien miały małe uchwyty. Za pomocą szpilek geodezyjnych i uchwytów przybijałem rynny do powierzchni stoków. Tak skonstruowana i szczelnie przytwierdzona do stoku rynna pozwalała na określenie ilości wody spływającej po powierzchni stoku oraz ilości materiału przez nią unoszonego. Rynny takie założyłem w kilku miejscach obok łapaczy. W okresie 2 lat jednoczesne wybieranie materiału z łapaczy i rynien wykazało, że pomiar łapaczami w porównaniu z pomiarem za pomocą rynien był niższy średnio o 20%. W ostatecznym zestawieniu liczb obrażających rozmiary spłukiwania poprawkę tę uwzględniłem.

Wszystkie łapacze odpowiednio ponumerowano. Na badanych stokach założono 108 łapaczy, później 10 rynien. Łapacze zakładałem według określonego planu. Podstawową zasadą, jaką kierowałem się przy lokalizowaniu i zakładaniu łapaczy, było takie ich rozmieszczenie, by umożliwiły określenie rozmiarów spłukiwania na poszczególnych odcinkach i na całej długości stoku. Na każdym stoku, zależnie od planowanej liczby łapaczy, wybrano pas o szerokości 20, 50 lub 100 m biegnący od wierzchołku ku osi doliny. W tym pasie, na liniach największego spadku, w różnych odległościach od wododziału założono łapacze. Były one zakładane nie jedne nad drugimi, lecz w pewnej odległości jedne obok drugich. Takie rozmieszczenie sprawiło, że powierzchnia stoku od wododziału do każdego łapacza była zupełnie wolna i nic nie utrudniało naturalnego spływu wody w dół stoku (ryc. 3). Po założeniu przyrządów sporządzono szczegółową ich dokumentację, która zawierała profil stoku, plan rozmieszczenia przyrządów, dane o składzie mechanicznym gleby, sposobie użytkowania i stopniu pokrycia gleby przez rośliny.

Miejsca założenia łapaczy nazwałem punktami pomiarowymi. Dla uniknięcia przypadkowych wartości w każdym punkcie pomiarowym umieszczałem dwa lub trzy łapacze.

Wody opadowe lub roztopowe, płynąc po powierzchni stoku, wypłykiwały i unosiły drobnitkie cząstki gleby, które gromadziły się w założonych przyrządach. Osadzony w nich materiał zbierałem do oddzielnych słoików. Podobnie postępowałem przy opróżnianiu rynien. Materiał zebrany wraz z wodą przesączałem przez sączki o średnicy do 25 cm wykonane z bibuły filtracyjnej. Sączki miałem zawsze wcześniej przygotowane, dokładnie zważone i kolejno ponumerowane. W czasie sączenia w dzienniku obserwacyjnym wpisywałem numery sączków oraz numery łapaczy lub rynien, z których pochodził materiał. Sączki z zatrzymanym na nich materiałem suszyłem w suszarce do stałego ciężaru³. Następnie ważyłem je na wadze technicznej z dokładnością do 5 mg. Od ciężaru ogólnego (gleby wraz z sączkiem) odejmowałem wagę samego sączka i otrzymywałem ciężar namytego materiału do poszczególnych łapaczy.

Na podstawie wartości otrzymanych z 2 lub 3 łapaczy w jednym punkcie pomiarowym obliczałem rozmiary spłukiwania na stoku dla pasa szerokości 1 m, wyrażone w gramach.

Technika pomiarów na stoku oranym

Do określenia natężenia spłukiwania na polach ornych, spowodowanego bardzo intensywnym, liniowym spływem wód roztopowych, zastosowałem metodę pomiaru pojemności żłobin erozyjnych.

Na stoku wybranym do badań wyznaczyłem pas szeroki 44 m biegnący prostopadle od wierzchowiny ku osi doliny. W obrębie tego pasa, w dolnej części stoku (z polem ornym) wyznaczyłem poletko 8 m szerokie dla wykonywania pomiarów żłobin erozyjnych. Poletko to było skierowane prostopadle do wybranego pasa stoku; zmierzyłem na nim długość, szerokość i głębokość żłobin erozyjnych i obliczyłem ich pojemność. Otrzymany wynik określa objętość materiału odprowadzonego poza obręb poletka. Ponieważ znana jest powierzchnia poletka — $44 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 352 \text{ m}^2$ — łatwo obliczyć objętość odprowadzonego materiału na jednostkę powierzchni. Dla porównania tych wyników z wynikami otrzymanymi za pomocą łapaczy rozmiary spłukiwania na polu ornym dla pasa o szerokości 1 m — wyrażone w centymetrach sześciennych — przeliczyłem na gramy.

³ Stałym ciężarem próbki nazywamy taki ciężar, który po pewnym czasie suszenia próbki w suszarce nie ulega zmianie. Oznacza to, że próbka straciła całą wodę, jaką mogła utracić przy danej temperaturze w suszarce. Suszenie dla sypkich frakcji trwa 6—8 godz., dla spoistych — do 20 godz.

Z pomiaru żłobin erozyjnych i obliczenia ich pojemności otrzymujemy objętość materiału odprowadzonego ze stoku. Przeliczenie objętości materiału na jego ciężar jest proste. Zamiany dokonujemy, mnożąc objętość odprowadzonego materiału przez jego ciężar objętościowy. W omawianym przykładzie ciężar objętościowy wynosił $1,2 \text{ g/cm}^3$.

CZAS I CZĘSTOTLIWOŚĆ WYKONYWANIA POMIARÓW

Pomiary nad określeniem rozmiarów splukiwania prowadziłem od 7.XI.1955 r. do 31.VIII.1959 r. Pomiary na poszczególnych stokach trwały niejednakową ilość miesięcy. Częstotliwość wybierania materiału z łapaczy na poszczególnych stokach była różna. Najdłużej i najczęściej robiłem pomiary na stoku 5 i 6. Na nich okres badań trwał 46 miesięcy, w ciągu których 44 razy wybierałem materiał z wszystkich łapaczy. Natomiast na stokach 1, 2, 3 okres pomiarów był o rok krótszy, a częstotliwość pomiarów na nich była znacznie mniejsza. Dane dotyczące okresu badań i częstotliwości pomiarów podano w tabeli 6.

METODA OPRACOWYWANIA MATERIAŁÓW

Dla uchwycenia powiązań między warunkami klimatycznymi a przebiegiem procesu splukiwania dla lat, w których prowadziłem pomiary, sporządziłem morfoklimatyczne wykresy. Przy ich sporządzaniu opierałem się na materiałach miejscowej stacji meteorologicznej i wynikach własnych pomiarów. Każdy taki wykres składa się z 3 części: dolnej, środkowej i górnej. W części dolnej narysowano profil stoku z zaznaczonymi punktami pomiarowymi. W części środkowej jest podziałka dla zaznaczenia ilości namytego materiału do poszczególnych punktów pomiarowych. W części górnej przedstawiono zmienność elementów meteorologicznych w ciągu całego roku (ryc. 3, 8).

Na wykresach w ich środkowej części naniesiono wyniki pomiarów wielkości splukiwania. Różna częstość pomiarów na poszczególnych stokach, a tym samym niemożność porównywania wyników z różnych stoków sprawiła, że materiał cyfrowy dotyczący splukiwania musiałem odpowiednio zsumować. Podstawą do zsumowania wyników większej ilości pomiarów na danym stoku było ustalenie dni, w których jednocześnie na wszystkich stokach materiał wybrano z łapaczy. Dni te wyznaczyły jednakowe okresy, w obrębie których wyniki pomiarów ze wszystkich badanych stoków można było porównywać ze sobą. Jeśli w obrębie wyznaczonych okresów na poszczególnych stokach była większa częstość pomiarów, wyniki ich sumowałem. W ten sposób materiał cyfrowy z poszczególnych stoków ujednolicono pod względem długości

okresów obserwacyjnych. Jednakowa długość okresów pozwala na określenie wpływu klimatu na przebieg i rozwój procesu spłukiwania na stokach i pozwala wnosić o wpływie innych elementów. Na podstawie dni jednoczesnego opróżniania łapaczy na wszystkich stokach cały okres badań (od listopada 1955 do sierpnia 1959) podzielono na osiem sezonów. Tabela 7 podaje dni założenia łapaczy oraz dni, w których jednocześnie na wszystkich stokach materiał wybrano.

Tabela 7

Daty jednoczesnego wybierania materiału z łapaczy na wszystkich stokach

Data założenia łapaczy	Daty wybierania materiału z łapaczy							
	1955	1956		1957		1958		1959
9 XI	12 V	24 IX	11 V	30 IX	19 V	19 XI	25 V	26 VIII

Z tabeli 7 widać, że w obrębie ośmiu okresów pomiarowych występują cztery sezony zimowo-wiosenne i cztery letnio-jesienne. W warunkach klimatycznych występujących w Polsce zarówno sezony zimowo-wiosenne, jak i letnio-jesienne charakteryzują się dużym natężeniem spłukiwania wywołanym jednak przez inne zespoły przyczyn. Analiza tych przyczyn oraz określenie ich wpływu na rozwój i wielkość spłukiwania pozwala na wyciągnięcie wniosków co do roli okresów zimowo-wiosennych i letnio-jesiennych we współczesnym przeobrażeniu stoków.

W dotychczasowej literaturze (4, 43, 51, 69, 84) przyjmuje się powszechnie, że ze wzrostem długości stoku wzrasta ilość odprowadzanego materiału. Podobne zależności są udowodnione odnośnie wpływu nachylenia. Te dane pozwalają przyjąć, że materiał wypłukany i uniesiony z górnej części stoku będzie transportowany na całej jego długości aż do podnóża stoku. Do ilości już transportowanego materiału z górnej części stoku, w niższych jego partiach wraz z narastającą długością lub większym nachyleniem powinna sukcesywnie dochodzić nowa ilość materiału. Z przedstawionych prawidłowości wynika, że określając ilość transportowanego materiału na stoku, przy wzrastającej jego długości lub większym nachyleniu, możemy określić wielkość stopniowego zwiększania się transportowanego materiału, a tym samym wielkość ubytku materiału na poszczególnych odcinkach stoku. Przyrosty transportu na poszczególnych odcinkach badanych stoków możemy łatwo obliczyć. Są one różnicą między transportem w wyższych a transportem z niższych

partii stoku. Z różnic w transporcie między poszczególnymi punktami pomiarowymi obliczyłem rzeczywisty ubytek w poszczególnych partiach stoku oraz wielkość średniego obniżenia tych części. Obliczenia takie wykonywałem, zamieniając ciężar splukanego materiału na jego objętość, dzieląc następnie otrzymaną kubaturę przez powierzchnię określonej części stoku. Zamianę ciężaru namytego materiału na objętość dokonałem przez podzielenie go przez ciężar objętościowy wierzchniej warstwy gleby, który wynosił $1,2 \text{ g/cm}^3$. Otrzymaną kubaturę dzieliłem przez powierzchnię stoku, z którego pochodził materiał. W ten sposób otrzymałem wielkość średniego obniżenia odpowiedniej powierzchni stoku wyrażoną w milimetrach. Przedstawione obliczenia są konieczne, gdy chcemy określić rozmiary obniżenia w milimetrach lub centymetrach.

Wyniki przedstawionych obliczeń (ubytku materiału na stoku i jego średniego obniżenia) zestawilem w osobnych tabelach dla wszystkich badanych stoków. Dla lepszej czytelności cały materiał zawarty w tabelach przedstawiłem graficznie na profilach. Profile morfologiczne stoków, w połączeniu z wykresem przebiegu transportu i wykresem średniego obniżenia stoku w różnych jego częściach, dają obraz złożonej mechaniki procesu splukiwania. Poznanie tej mechaniki pozwoli na lepsze sformułowanie ogólnych prawideł przebiegu procesu splukiwania i jego roli we współczesnej ewolucji stoków.

SZCZEGÓŁOWY OPIS I CHARAKTERYSTYKA STOKÓW

Badania nad splukiwaniem prowadziłem głównie na stokach łąkowych (3 stoki) i pastwiskowych (2 stoki). Wykonałem również kilka obserwacji i pomiarów na stoku użytkowanym jako pole orne i las.

Stoki łąkowe

Badania nad określeniem rozmiarów splukiwania na stokach łąkowych prowadziłem na stoku 1, 2, 5.

Stok 1 ma kształt wypukło-wklęsły i wystawę północno-zachodnią (ryc. 3). Nachylenia od wierzchołku w dół na długości około 50 m stopniowo wzrastają od 0 do 20° , poniżej stopniowo maleją i stok bez żadnego załomu przechodzi w równinę terasy nadzalewowej o wysokości 6 m. Równina terasowa stanowi stałą bazę dla procesów stokowych. Długość omawianego stoku wynosi 130 m; różnica wysokości między wierzchołkiem a podnóżem stoku — około 40 m. Gleba należy do brunatnych, słabo kwaśnych (pH 5,6—6,5). Skład mechaniczny każe zaliczyć ją do gliny ciężkiej, zawierającej ponad 50% cząstek spławialnych (o średnicy poniżej 0,02 mm). Warstwa próchniczna 0—20 cm ma strukturę ziarnistą. Porowatość tej warstwy wynosi około 50% objętości.

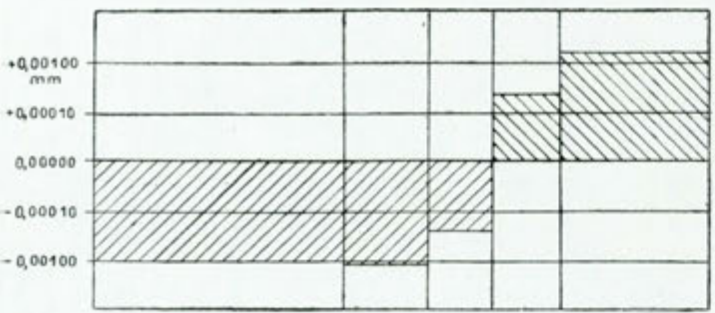
Duża porowatość wiąże się z ziarnistą strukturą agregatów glebowych, które tutaj — na glebach ciężkich — są szczególnie dobrze wykształcone.

Omawiany stok porasta roślinność należąca do zespołu mietlicy pospolitej (*Gladiolo Agrosteum*). Dominuje kupkówka pospolita (*Daktylis glomerata*). Pokrycie powierzchni gleby przez roślinność wynosiło około 90%. Roślinność ta ma system korzeniowy obfity, miotlasty. Główna masa korzeniowa sięga do 15 cm w głąb. Stok użytkowany był jako łąka kośna; późną jesienią wypasano na nim bydło i owce. Na tym stoku założono 12 łapaczy w czterech punktach pomiarowych.

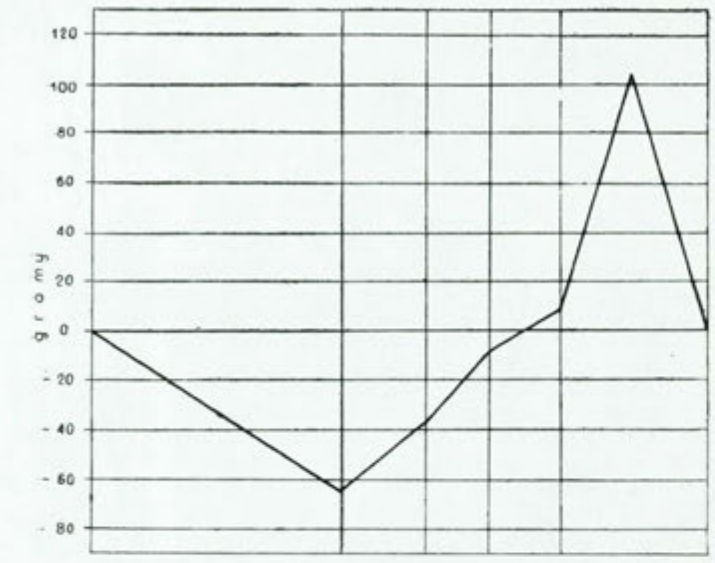
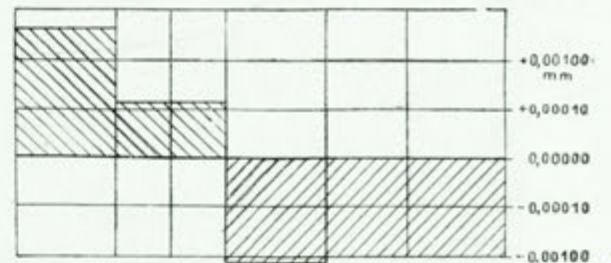
Stok 2 ma formę wypukło-wklęsłą, wystawę południowo-wschodnią (ryc. 3), długość 85 m; różnica wysokości między zaokrąglonym garbem a równiną terasową wynosi około 17 m. Stok opada z zaokrąglonego garbu ku osi doliny, w której dnie znajduje się szeroka (60 m) równina terasowa — stała baza dla procesów stokowych. Gleba należy do typu gleb brunatnych, słabo kwaśnych. W górnym odcinku stoku jest to glina lekka (25% cząstek spławialnych), w dolnym zaś — glina ciężka (ponad 50% cząstek spławialnych). Warstwa próchniczna ma strukturę ziarnistą. Porowatość gliny lekkiej i ciężkiej wynosi około 50%. Brak różnic w porowatości wiąże się z ziarnistą strukturą agregatów glebowych.

Stok był pokryty roślinnością należąca do zespołu mietlicy pospolitej (*Gladiolo Agrosteum*). W zespole tym przeważa mietlica pospolita (*Agrostis vulgaris*) z bardzo dużym udziałem wilżyny bezbronnej (*Ononis hircina*). Około 90% powierzchni gleby pokrywa roślinność o systemie korzeniowym miotlastym i palowym. Główna masa korzeniowa sięga do 10 cm, wilżyny bezbronnej dochodzi do 20 cm w głąb. Stok ten użytkowano jako łąkę kośną; późną jesienią wypasano na nim bydło i owce. Na tym stoku założono 15 łapaczy w pięciu punktach pomiarowych.

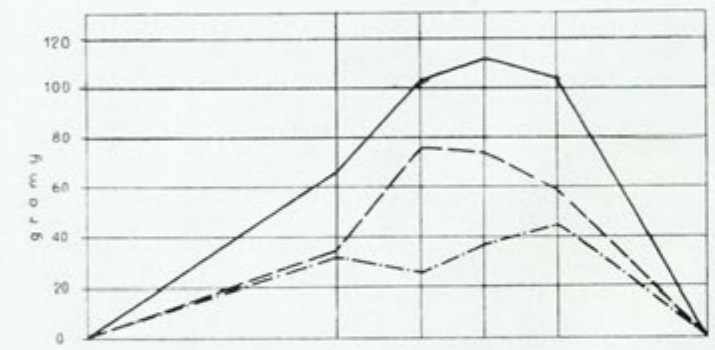
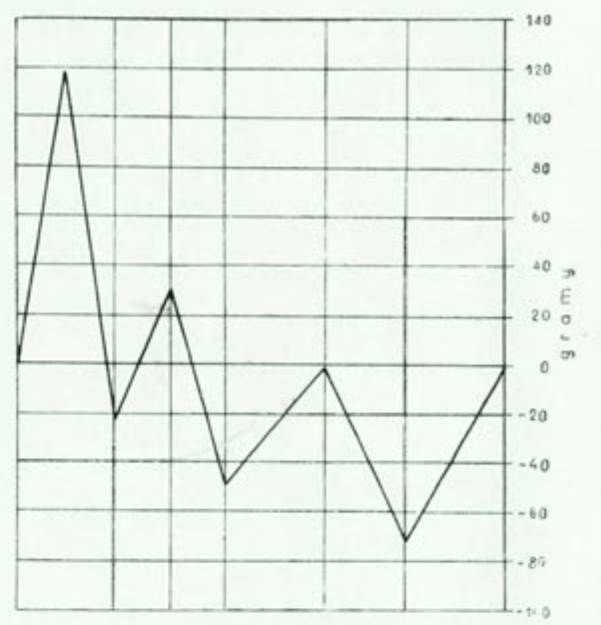
Stok 5 ma wystawę północną (ryc. 4). Długość jego wynosi około 305 m, a różnica wysokości między wierzchołką a dnem doliny 125 m. Stok ma charakter progu strukturalnego, zawieszono nad stromym zboczem Białej Wody. Na stoku można wyróżnić 3 części: 1 — górna, 140 m długa, ma formę wypukłą, 2 — środkowa, długa 60 m, jest stroma; nachylenie tej części wynosi około 30°, 3 — część dolna, 105 m długa, jest łagodna, nachylona około 14°. Część trzecia opada stromym (40°) zboczem do koryta Białej Wody. To zbrocze o wysokości ok. 20 m jest obecnie silnie podcinane przez wody potoku Białej Wody. Wypukły załom między stromym zboczem a łagodnym stokiem stanowi bazę dla procesów stokowych, która jednak ulega przesuwaniu w zależności od erozji bocznej Białej Wody. Formę omawianego stoku urozmaicają terasy rolne występujące w górnej i dolnej części. W dolnej części stoku jako



Średnie obniżenie i podwyższenie poszczególnych odcinków stoku w czasie 9 XI 1955 - 19 XI 1958

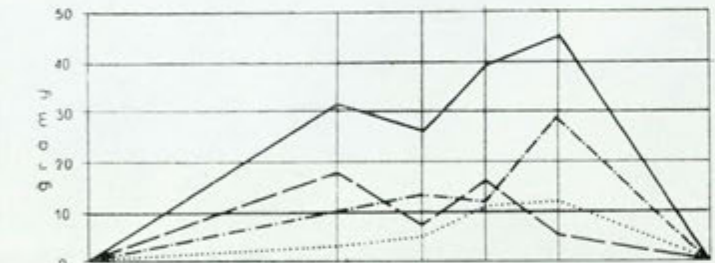
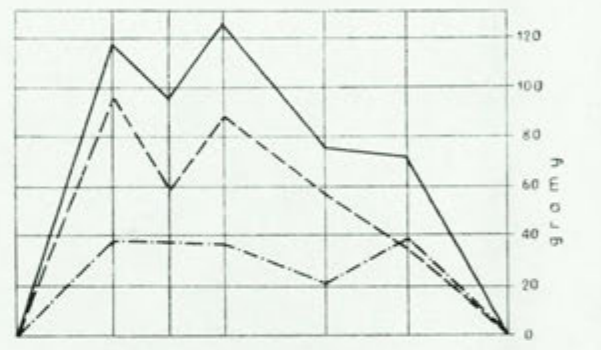


Odprowadzenie i osadzenie materiału glebowego na poszczególnych odcinkach stoku w czasie 9 XI 1955 - 19 XI 1958



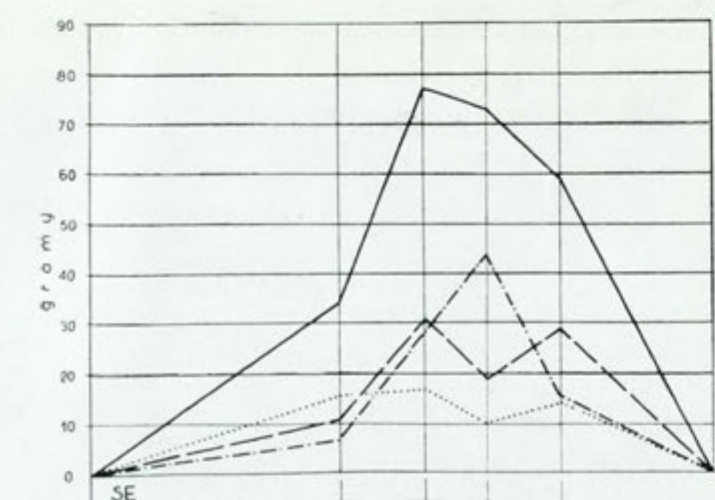
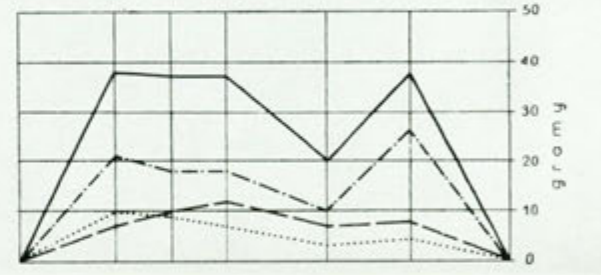
Krzywe transportu za okres 3 lat (okresy zimowa-wiosenne i letnio-jesienne razem)

- za 3 okresy zimowa-wiosenne
- - - za 3 okresy letnio-jesienne
- razem za wszystkie okresy 9 XI 1955 - 19 XI 1958



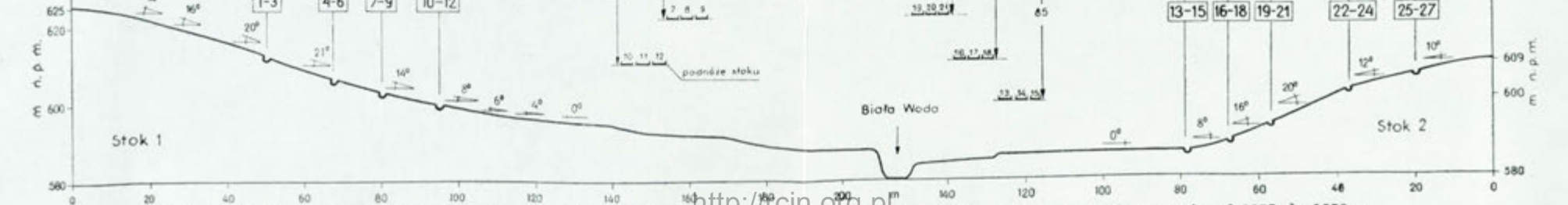
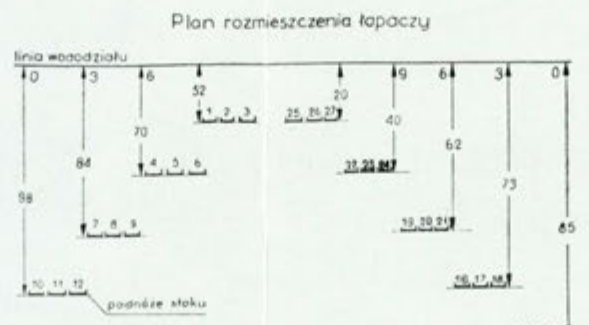
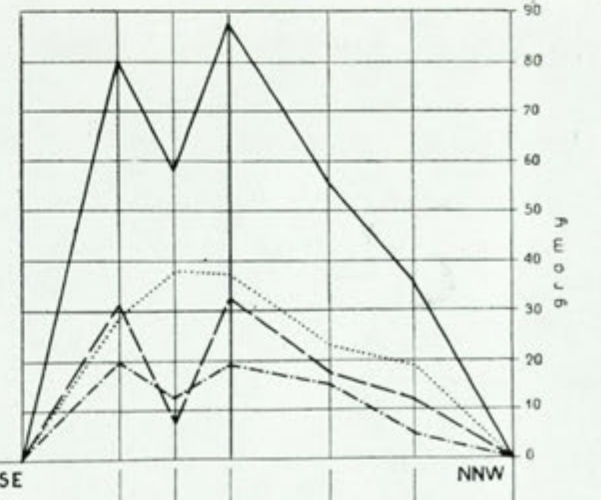
Krzywe transportu w poszczególnych okresach letnio-jesiennych

za okres	12 V 1956 - 24 IX 1956
	11 V 1957 - 30 IX 1957
	19 V 1958 - 19 XI 1958
razem za 3 okresy	1956, 1957, 1958

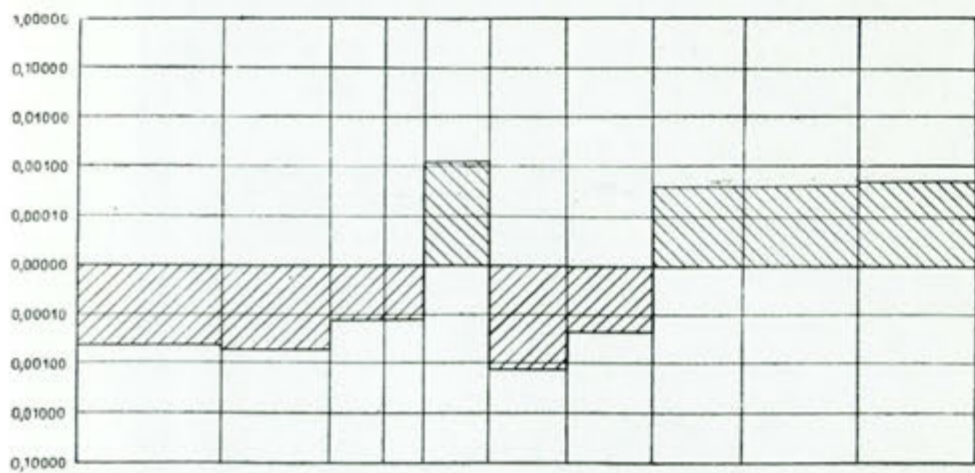


Krzywe transportu w poszczególnych okresach zimowa-wiosennych

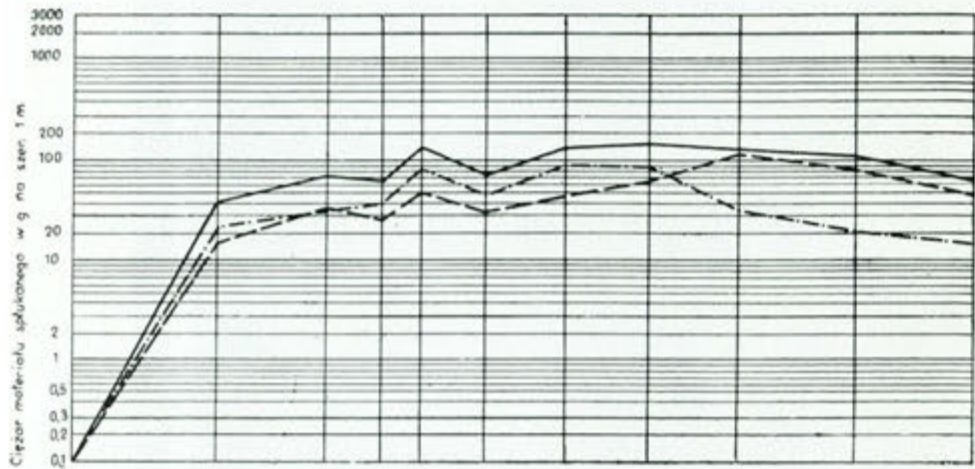
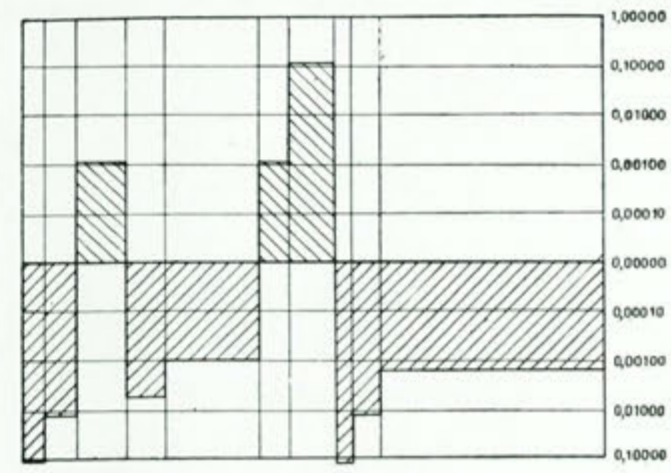
za okres	9 XI 1955 - 12 V 1956
	24 IX 1956 - 11 V 1957
	30 IX 1957 - 19 V 1958
razem za 3 okresy	1955/56; 1956/57; 1957/58



Ryc. 3. Rozmiary splukiwania oraz wielkość średniego obniżenia i podwyższenia stoków łąkowych (1, 2) w czasie od 1955 do 1958 r.

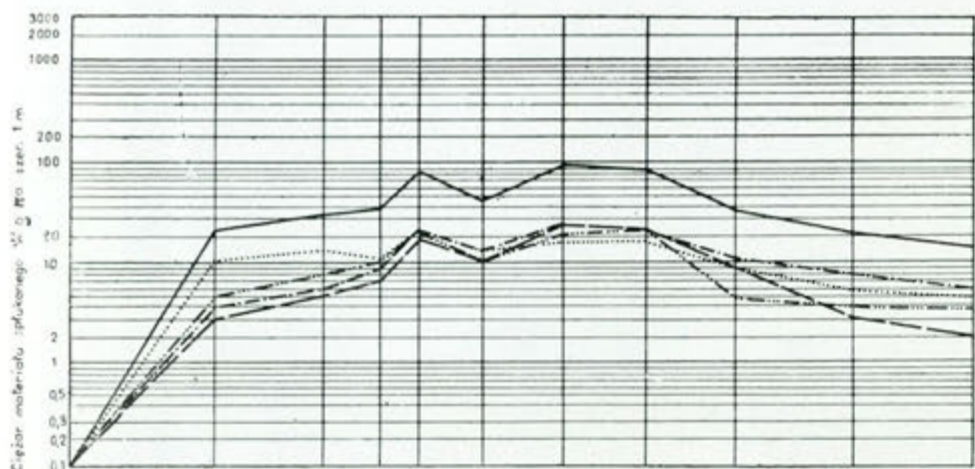
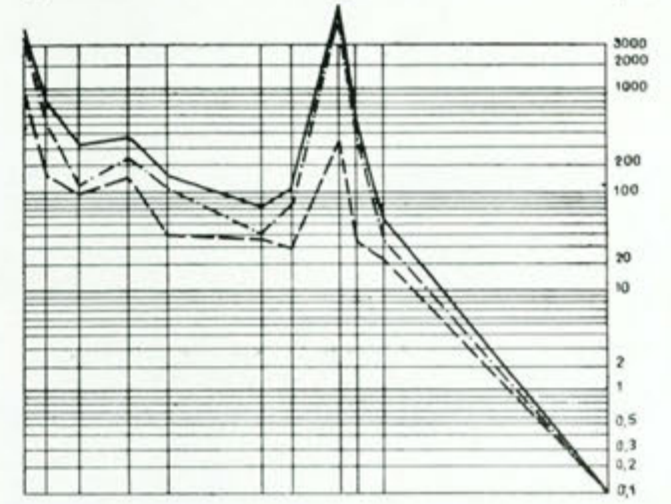


Średnie obniżenie i podwyższenie
na poszczególnych odcinkach stoku w ciągu 9 XI 1955 - 19 XI 1958



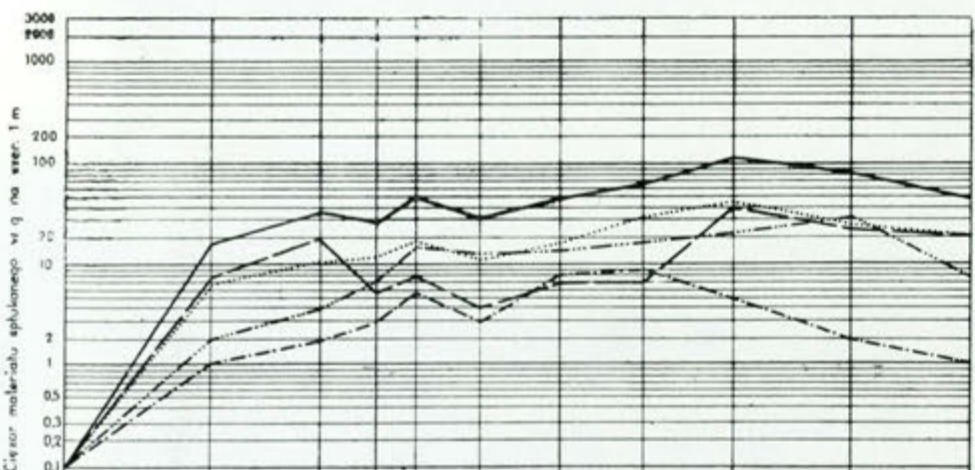
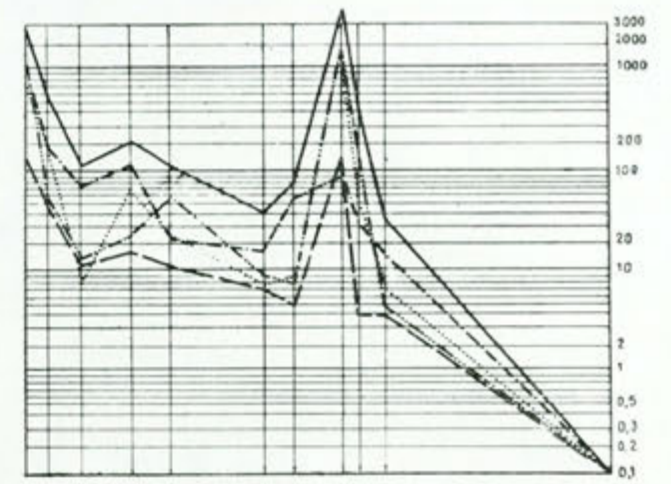
Krzywe transportu za okres czterech lat

— za cztery okresy zimowa - wiosenne
- - - za cztery okresy letnio - jesiennie
— razem za wszystkie okresy 9 XI 1955 - 26 VII 1959



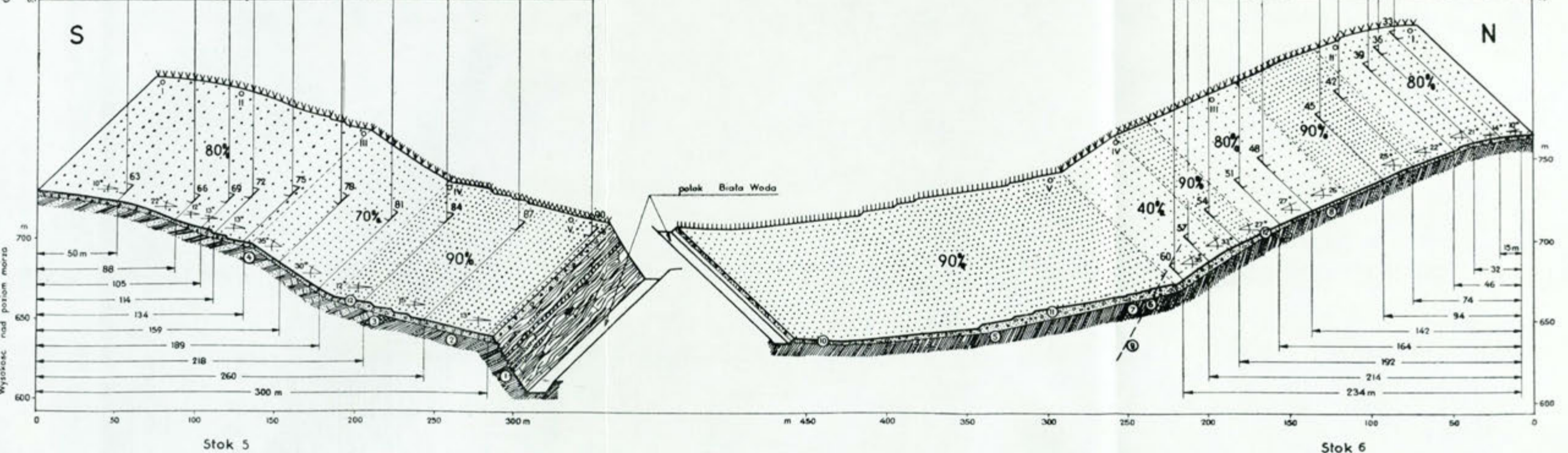
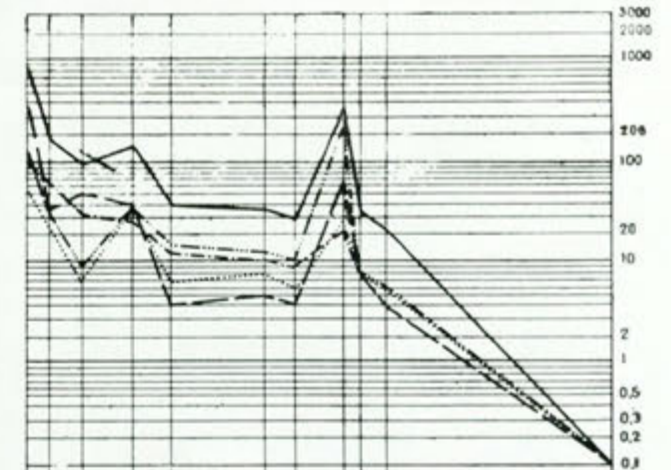
Krzywe transportu w poszczególnych okresach letnio - jesiennych

—	12 V 1956 - 24 IX 1956
.....	11 V 1957 - 30 IX 1957
- - -	19 V 1958 - 19 XI 1958
- · - · -	25 V 1959 - 26 VII 1959
—	razem za 4 okresy 1955/56, 1956/57, 1957/58, 1958/59



Krzywe transportu w poszczególnych okresach zimowa-wiosennych

—	9 XI 1955 - 12 V 1956
.....	24 IX 1956 - 11 V 1957
- - -	30 IX 1957 - 19 V 1958
- · - · -	15 XI 1958 - 25 V 1959
—	razem za 4 okresy 1955/56, 1956/57, 1957/58, 1958/59



Ryc. 4. Rozmiary splukiwania oraz wielkość średniego obniżenia stoku łąkowego (5) i pastwiskowego (6) w czasie od 1955 do 1959 r.

stromie skarpy występują 3 terasy do 2 m wysokie. Także i w górnej części występują 3 terasy rolne, jednak ich wysokość nie przekracza 1 m.

Gleba na całym stoku w warstwie powierzchniowej należy do gliny średniej (25—50% cząstek spławialnych). Niewielkie różnice występują między odkrywkami na wierzchowinie i u podnóża stoku a odkrywkami w górnej i środkowej jego części. W pierwszych odkrywkach zawartość cząstek spławialnych wynosi około 45%, w drugich około 30%. Wierzchnia warstwa glebowa o grubości około 20 cm ma strukturę ziarnistą; porowatość jej wynosi około 50% objętości.

Stok porasta roślinność o różnorodnym składzie gatunkowym i różnym stopniu pokrycia powierzchni gleby przez roślinność. W obrębie stoku zaznaczają się 3 odcinki odmiennej roślinności. Od wierzchowiny po wypukły załom panuje zespół mietlicy pospolitej (*Agrostis vulgaris*) z domieszką bliźniczki (*Nardus stricta*) i koniczyny białej (*Trifolium repens*). Stopień pokrycia powierzchni gleby przez roślinność wynosi tu około 80%. Rośliny wyższe pokrywają 60% powierzchni, a mchy 20%. Roślinność ma system korzeniowy miotlasty. Główna ich masa sięga do 10 cm w głąb.

Trzydziestostopniowy odcinek stoku jednostajnie nachylnego porasta zbiorowisko drzewiasto-trawiaste. Występuje tutaj jałowiec pospolity (*Juniperus communis*) z pojedynczymi okazami młodego świerka (*Picea excelsa*). Pokrycie powierzchni przez tę roślinność dochodzi do 30%. Obok drzew powierzchnię gleby pokrywa zbiorowisko roślinne typu bliźniczki (*Nardus stricta*) z niewielkimi płatami wrzосу pospolitego (*Calluna vulgaris*) i borówki czernicy (*Vaccinium myrtillus*). Darń miejscami była mechanicznie zniszczona racicami zwierząt, które wypasane tutaj w czasie silnego uwilgotnienia gleby spowodowały powstanie przerw w darni, które wynosiły około 30%. Pokrycie roślinnością — poza tymi przerwami — wynosiło około 100%.

Część dolna, jednostajnie nachylona, była silnie (w 90%) zadarniona, rośliny wyższe pokrywały 80% powierzchni, mchy 10%. Rosła tutaj roślinność typu koniczyny czerwonej (*Trifolium pratense*) z domieszką szelężnika (*Alectorolophus minor*) i świetlika (*Euphrasia stricta*).

Przed 1947 r. omawiany stok był użytkowany jako pole orne; od 1947 do 1960 r. — jako łąka w dolnej części, jako pastwisko dla owiec w górnej.

Na stoku założono 10 punktów pomiarowych, w każdym punkcie po 3 łapacze. Obok łapaczy 30 IX 1957 r. założyłem dodatkowo 2 punkty pomiarowe z rynnami; w każdym punkcie pomiarowym były zainstalowane dwie rynny dla sprawdzenia dokładności pomiarów wykonywanych łapaczami.

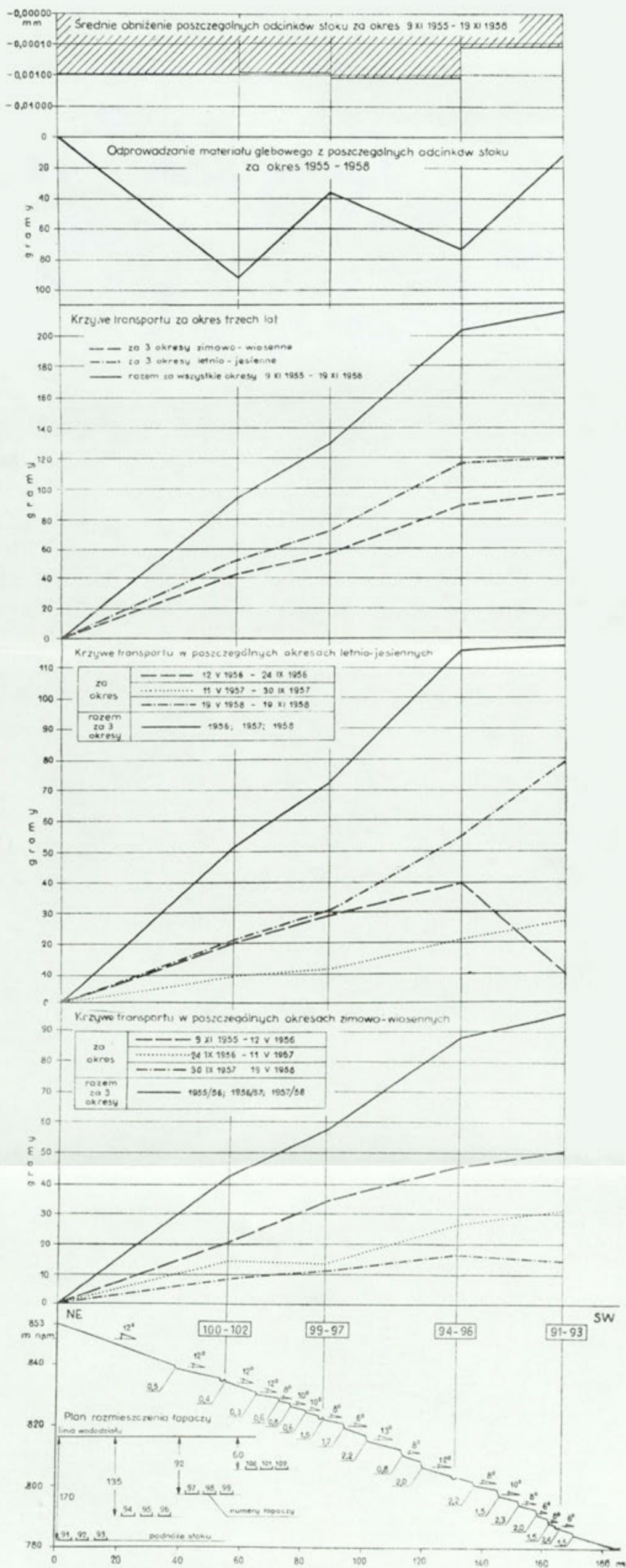
Stoki pastwiskowe

Badania nad określeniem rozmiarów splukiwania na stokach pastwiskowych prowadziłem na stoku 3 i 6.

Stok 3 opada z zaokrąglonego garbu do nieckowatego obniżenia stanowiącego górny odcinek jednej z bocznych dolinek Białej Wody. Stok ten ma wystawę południowo-zachodnią (ryc. 5). Długość jego wynosi około 185 m, a różnica wysokości między dnem doliny a zaokrąglonym garbem — około 70 m. Kształt stoku jest prosty, tzn. stok ma mniej więcej równe nachylenie na całej długości. Natomiast szczegółowy profil jest bardzo zróżnicowany: w obrębie stoku występuje 18 teras rolnych o zmiennej szerokości (4—18 m). Wysokość stromych skarp terasowych jest zmienna i wynosi 30 cm w górnej części stoku, w dolnej zaś dochodzi do 2,40 m. Nachylenia powierzchni poszczególnych teras rolnych wahają się w granicach 6—13°, a stromych skarp — 30—53°. W obrębie stromych skarp terasowych pod koniec marca i na początku kwietnia 1956 r. w kilku miejscach powstały małe zerwy ziemne.

Gleba na omawianym stoku należy do typu gleb brunatnych, słabo kwaśnych. Ma miąższość 0—20 cm i pod względem składu mechanicznego należy do gliny średniej, zawierającej 30—40% cząstek spławialnych. Struktura tej warstwy jest ziarnista, charakteryzowała się dużą zwięzłością agregatów glebowych. Na głębokości około 50 cm gleba ma charakter gliny ciężkiej (ponad 50% cząstek spławialnych). Porowatość wierzchniej warstwy gleby wynosiła przeciętnie 48% objętości, a na głębokości 40 cm — około 40%. Ponieważ omawiany stok jest silnie sterasowany, należy podkreślić, że porowatość w obrębie agradacyjnych powierzchni terasowych nie zmienia się z głębokością tak szybko, jak w obrębie powierzchni degradacyjnych i w wielu przypadkach na głębokości 80 cm jest taka sama jak na powierzchni.

W okresie badań omawiany stok był użytkowany jako pastwisko dla owiec. Przed 1947 r. były tu pola orne. W 1947 r. przesiedlono tutajszą ludność; z pól ornych powstały odłogi. Z biegiem lat — dzięki naturalnej sukcesji roślinności — powierzchnie odłogów przeszły stadia samozadarniania, dziś porasta je zwarta roślinność pastwiskowo-łąkowa. Stok ten charakteryzuje roślinność należąca do zespołu życicy trwałej i grzebienicy pospolitej (*Lolieto Cynosuretum*). Przeważa tu grzebienica pospolita (*Cynosurus cristatus*) z nieznaczną domieszką babki średniej (*Plantago media*), mchów brak. Stopień pokrycia powierzchni gleby roślinnością o systemie korzeniowym miotlastym wynosi około 90%. Główna masa korzeni sięga do 10 cm w głąb.



Ryc. 5. Rozmiary splukiwania oraz wielkość średniego obniżenia stoku pastwisko-wego (3) w czasie od 1955 do 1959 r.

Na tym stoku założono 8 łapaczy w czterech punktach pomiarowych.

Stok 6 ma wystawę południową (ryc. 4); długość jego wynosi 480 m, a różnica wysokości między wierzchową a dnem doliny około 140 m. Stok ma formę złożoną: w górnej części — około 205 m długiej — ma formę wypukłą, w środkowej (około 30 m długiej i o nachyleniu 34°) — jednostajnie nachyloną, a w dolnej (około 230 m długiej) — lekko wklęsłą. Środkowy odcinek stoku jest tylną ścianą dużego, starego osuwiska, a dolny ma wyraźne ślady starych, obecnie utrwalonych form osuwiskowych. Górny odcinek stoku jest niezaburzony i w jego obrębie, w odległości około 40 m od wierzchowiny, występuje 40 cm skarpa terasy rolnej.

Badaniami objąłem stok wypukły oraz część stoku stromeego, jednostajnie nachylonego.

Gleba występująca na całej długości omawianego stoku to glina średnia zawierająca około 40% cząstek spławialnych. Niewielkie różnice występują tylko między wierzchową i podnóżem a środkową częścią stoku. W odkrywkach wierzchowinowych i u podnóża stoku gleba ma około 40% cząstek spławialnych, a w środkowej części stoku — 25—30%. Wierzchnia warstwa glebowa ma strukturę ziarnistą (porowatość około 50%).

W okresie badań na stoku wypasano owce. Na całym stoku zaznaczało się 6 pasów o odmiennym składzie gatunkowym roślinności, poprzecznie zorientowanych do jego nachylenia.

Wierzchowinowy pas 50 m szeroki charakteryzował się zespołem mietlicy pospolitej (*Gladiolo Agrosteum*). Stopień pokrycia gleby roślinnością wynosił 80%.

Drugi pas, także około 50 m szeroki, charakteryzował się zespołem bliźniczki psiej trawki (*Nardus stricta*). Tworzyła ona kępkowe, silnie zwarte kobierce, pokrywając około 80% powierzchni gleby. Obok bliźniczki występował także jastrzębiec kosmaczek (*Hieracium pilosella*). Pokrycie powierzchni gleby przez rośliny zwartokępkowe o miotlastym systemie korzeniowym wynosiło 90%.

Trzeci pas, około 65 m szeroki, porastał zespół mietlicy pospolitej (*Gladiolo Agrosteum*) z domieszką koniczyny białej (*Trifolium repens*). Pokrycie powierzchni gleby przez rośliny wynosiło około 80%. System korzeniowy większości roślin był miotlasty.

W czwartym pasie, około 25 m szerokim, panował zespół bliźniczki; pokrycie powierzchni gleby przez roślinność wynosiło około 90%. Pas ten typem roślinności był podobny do pasa drugiego.

Piąty pas, około 50 m szeroki (190—240 m od wierzchowiny), charakteryzowało zbiorowisko drzewiasto-krzewiaste. Z roślin drzewiastych

występował jałowiec pospolity, pojedyncze młode świerki, dzika róża i tarnina. Pokrycie powierzchni gleby roślinnością wynosiło około 30%. Obok roślinności drzewiasto-krzewiastej glebę pokrywała bliźniczka z niewielkimi płatami wrzosu pospolitego. Darrń nie tworzyła zwartych powierzchni, lecz była poprzerrywana. Przerwy w darni wynosiły około 40% ogólnej powierzchni. Utworzyły je zwierzęta wypasane tutaj w okresie silnego uwilgotnienia gleby. Pokrycie powierzchni gleby przez roślinność poza przerwami wynosiło 80%.

Szósty pas stoku, 160 m szeroki (240—400 m od wierzchowiny), był porośnięty roślinnością należącą do zespołu życicy trwałej i grzebienicy pospolitej (*Lolieto Cynosuretum*). W pasie tym nie prowadziłem pomiarów.

Na omawianym stoku założono 30 łapaczy w 10 punktach pomiarowych. Obok łapaczy założonych jesienią 1955 r. zainstalowałem dodatkowo 30 IX 1957 r. 2 punkty pomiarowe z rynnami — po dwie w każdym punkcie.

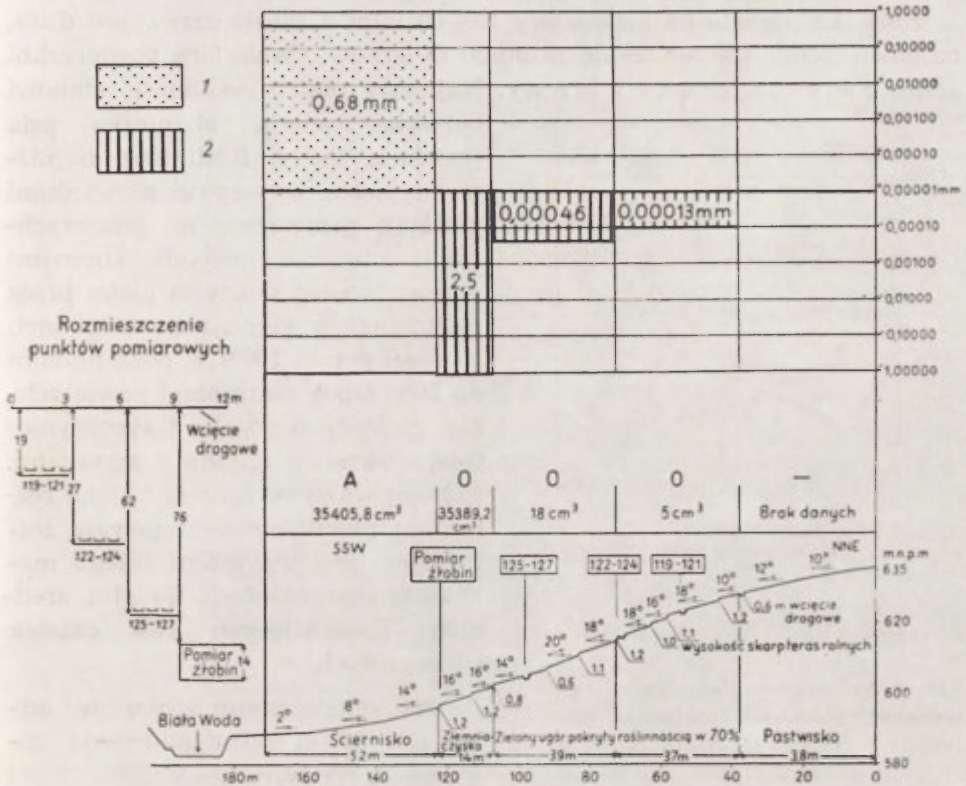
Stok orany

Stok 8 ma wystawę południowo-zachodnią (ryc. 6). Długość jego wynosi 180 m, a różnica wysokości między zaokrąglonym garbem a podnóżem stoku — około 45 m. Ogólny jego kształt jest wypukło-wklęsły. Odcinek wklęsły łagodnie przechodzi w równinę terasową, która stanowi stałą bazę dla procesów stokowych. Szczegółowy profil jest bardziej zróżnicowany; w jego obrębie występuje 9 stromych teras rolnych o wysokości skarp 0,6—1,8 m. Nachylenie powierzchni terasowych waha się od 10 do 20°.

Na omawianym stoku w odległości 38 m od wododziału występuje sześćdziesięciocentymetrowe wcięcie drogowe. Ma ono poprzeczny przebieg w stosunku do nachylenia stoku i odcina spływ wód ze stoku położonego nad drogą. Przy interpretacji wielkości spłukiwania brałem pod uwagę nie odległość od wododziału, lecz odległość od wcięcia drogowego, które działa tutaj jak rów odwadniający i w całości odprowadza wody spływające z górnej części stoku, zmniejszając wielkość spłukiwania w jego dolnej części.

Gleba tego stoku należy do typu brunatnych, słabo kwaśnych. Pod względem składu mechanicznego powierzchniowa warstwa gleby należy do glin lekkich, zawierających do 25% cząstek spławialnych. Struktura tej warstwy była ziarnista, a porowatość ogólna około 50%.

W okresie badań różne części stoku były różnie użytkowane. Od wododziału do wcięcia drogi występowało pastwisko. Niżej, na długości około 76 m występował ugór, następnie na długości 14 m (76—90 m od



Ryc. 6. Rozmiary splukiwania oraz wielkość średniego obniżenia i podwyższenia stoku 8 — wypukło-wklęsłego w okresie zimowo-wiosennym 1955—1956 r.

O — kubatura materiału odprowadzonego, A — kubatura materiału osadzonego, 1 — średnie podwyższenie, 2 — średnie obniżenie

wcięcia drogi) znajdowało się pole orne z glebą spulchnioną przy wykopie ziemniaków. Poniżej ziemniaczyska (90—140 m od wcięcia drogi) występowało ściernisko długie 50 m.

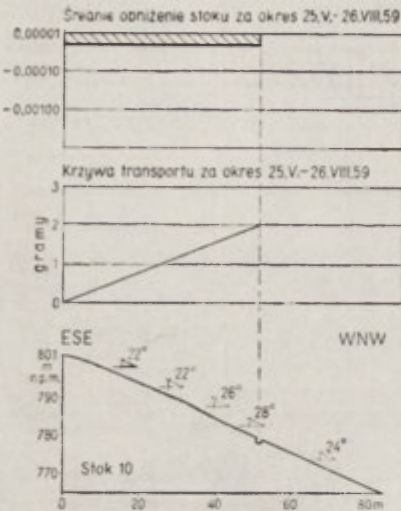
Na omawianym stoku znajdowały się cztery punkty pomiarowe. W trzech punktach założono 9 łapaczy, a w punkcie czwartym na ziemniaczysku rozmiary splukiwania określałem za pomocą pomiarów żłobin erozyjnych.

Stok leśny

Stok 10 ma wystawę północną i stanowi górną część stoku opadającego z zaokrąglonego garbu Jasielnika do doliny Czarnej Wody (ryc. 7). Ma kształt wypukły. Nachylenie stopniowo wzrasta od wierzchowiny ku dołowi; 50 m poniżej wierzchowiny wynosi 28°.

Stok ten porasta las świerkowy 15—30 letni. Gęstość drzew jest duża, na powierzchni 100 m² rośnie około 20 świerków. Około 80% powierzchni gleby pokrywają drzewa i krzewy. Najniższe piętro roślinności stanowi borówka, wrzos, bliźniczka psia trawka i mchy. Roślinność najniższego piętra występuje niewielkimi płatami, przeważnie na powierzchniach nie zacięzionych koronami drzew. Stopień pokrycia gleby przez roślinność występującą w płatach wynosił ponad 100%, a poza płatami do 20%. Obok roślinności powierzchni gleby pokrywała trzycentymetrowa warstwa igliwia z szyszkami. Poniżej warstwy igliwia i słabo rozłożonej próchnicy występowała żółta glina, pod względem składu mechanicznego należąca do glin średnich, zawierających 40% cząstek spławialnych.

Ryc. 7. Rozmiary spłukiwania oraz wielkość średniego obniżenia zalansionego stoku w czasie od 25 V do 26 VIII 1959 r.



Na omawianym stoku w odległości 55 m od działu wód założono 2 rynnę.

CHARAKTERYSTYKA KLIMATU OKRESÓW POMIAROWYCH I WYNIKI POMIARÓW

Klimat górski dzielnicy karpackiej charakteryzuje się dwoma okresami wzmożonej aktywności procesu spłukiwania. Pierwszy z nich przypada na półrocze zimowo-wiosenne, drugi — na letnio-jesienne. Rozwój i natężenie spłukiwania w tych okresach jest spowodowany różnym zespołem przyczyn. W półroczu zimowo-wiosennym spłukują przede wszystkim wody topniejących śniegów, a intensywność spłukiwania zależy od reżimu termiczno-opadowego. Jeśli półrocze zimowo-wiosenne charakteryzowało się mroźną i śnieżną zimą, a wiosna szybkim zanikaniem pokrywy śnieżnej, wówczas przemarznięty grunt i duża ilość wód roztopowych sprzyjają intensywnemu spłukiwaniu na stokach. Natomiast w zimie umiarkowanie ciepłej, o nie zamrożonym podłożu, znacznej nawet ilości śniegu i szybkich roztopach, spłukiwanie na stokach jest mniejsze, ponieważ duża część wód roztopowych wsiąka w niezamrożoną glebę.

W półroczu letnio-jesiennym spłukiwanie na stokach jest wywołane długotrwałymi opadami lub opadami typu burzowego. W pierwszym

przypadku spłukiwanie będzie zachodziło po przekroczeniu pojemności retencyjnej warstwy glebowej, w drugim — po przekroczeniu szybkości wsiąkania wody w glebę.

W celu bliższego zobrazowania typu zmienności stanów pogody w poszczególnych okresach pomiarowych oraz określenia ich wpływu na rozmiary spłukiwania, sporządziłem wykres elementów meteorologicznych (ryc. 8).

Charakter okresów zimowo-wiosennych a rozmiary spłukiwania

Z ryciny 8 widać, że okresy zimowo-wiosenne pod względem typu zmienności stanów pogody różniły się między sobą.

Z punktu widzenia jakości i przebiegu termiki, jakości opadów, częstotliwości przeważających kierunków wiatru, grubości i czasu występowania zwartej pokrywy śnieżnej oraz szybkości i wielokrotności jej zanikania w omawianych okresach (tab. 8) można wyróżnić:

I — okres o zimie mroźnej, umiarkowanie wietrznej, z dużą ilością śniegu, z grubą i mniej więcej równomiernie rozłożoną pokrywą śnieżną oraz szybkich roztopach na zamrożonym podłożu;

II — okres o zimie mroźnej, silnie wietrznej, z przeciętną ilością śniegu, bardzo zróżnicowaną miąższością pokrywy śnieżnej i wielokrotnym jej zanikaniem na zamrożonym podłożu;

III — okres o zimie mroźnej, bezwietrznej, z przeciętną ilością śniegu o mniej więcej równomiernie rozłożonej pokrywie śnieżnej, z wielokrotnym jej zanikaniem na zamrożonym podłożu;

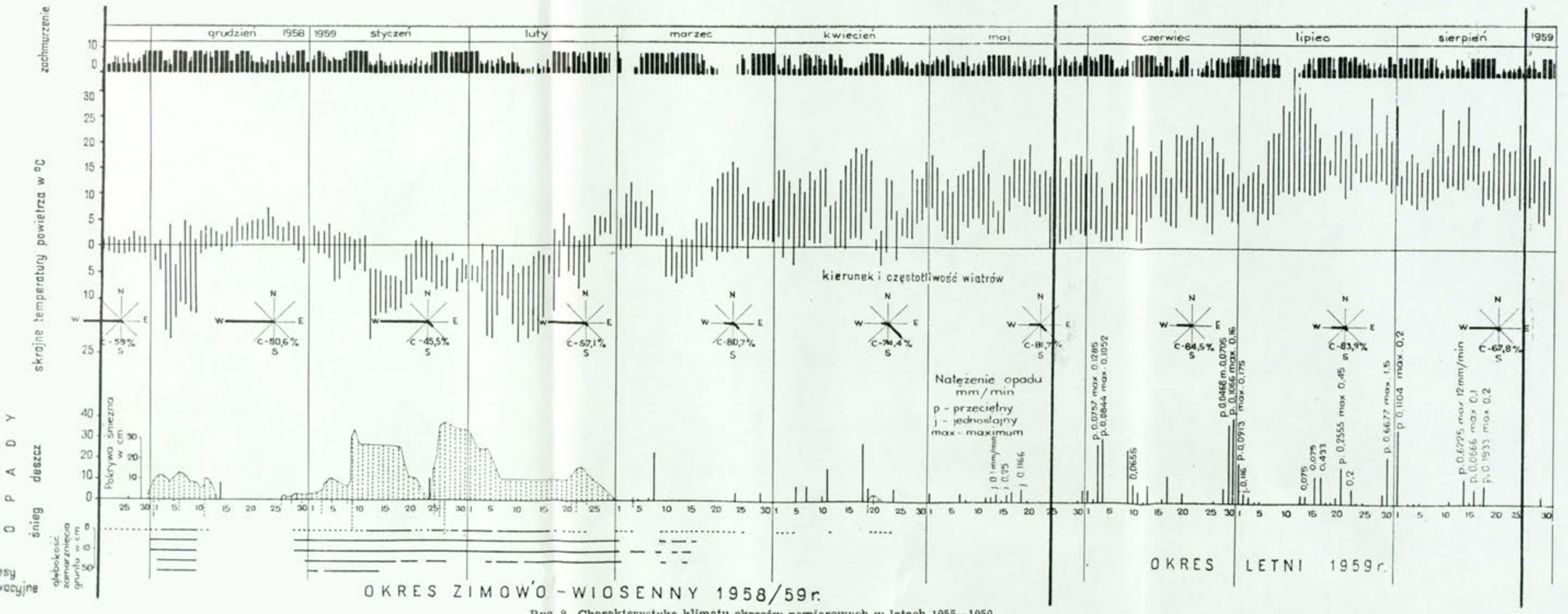
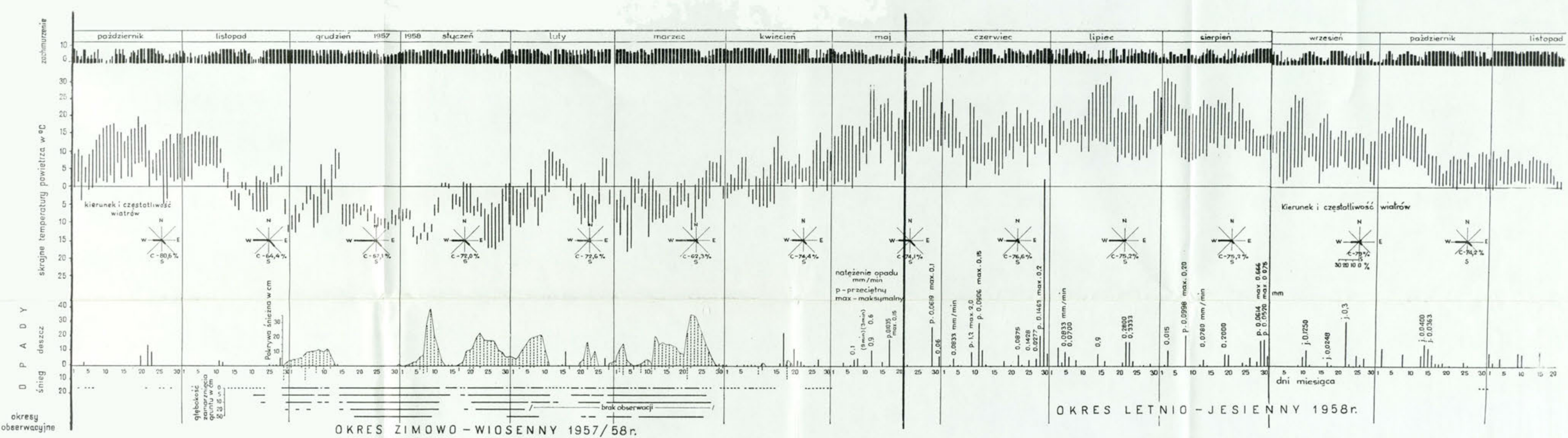
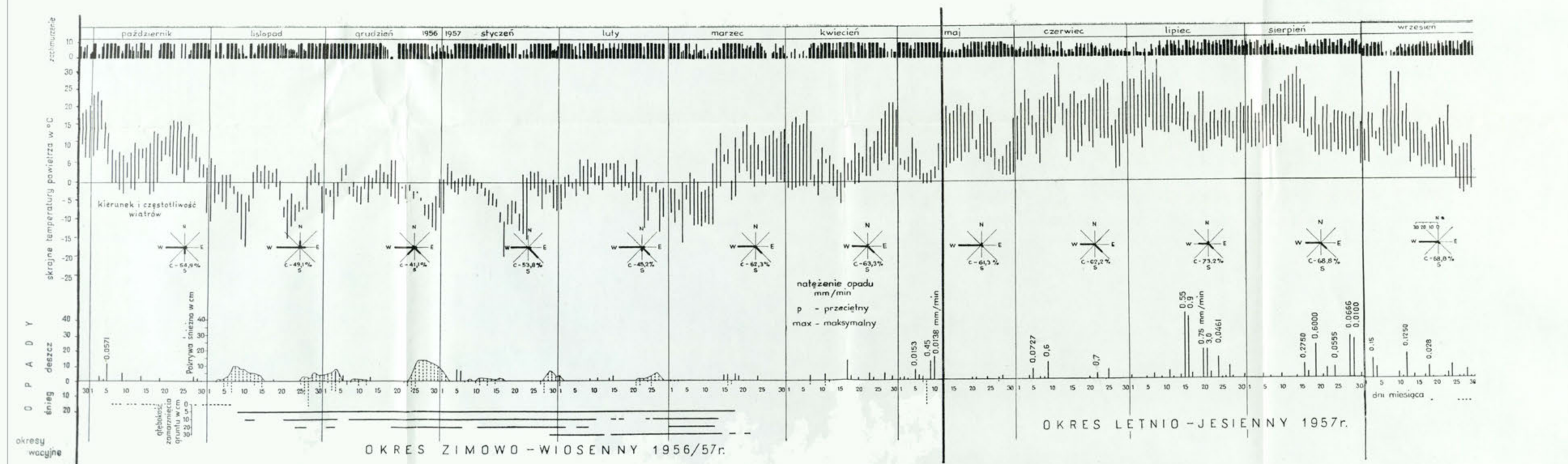
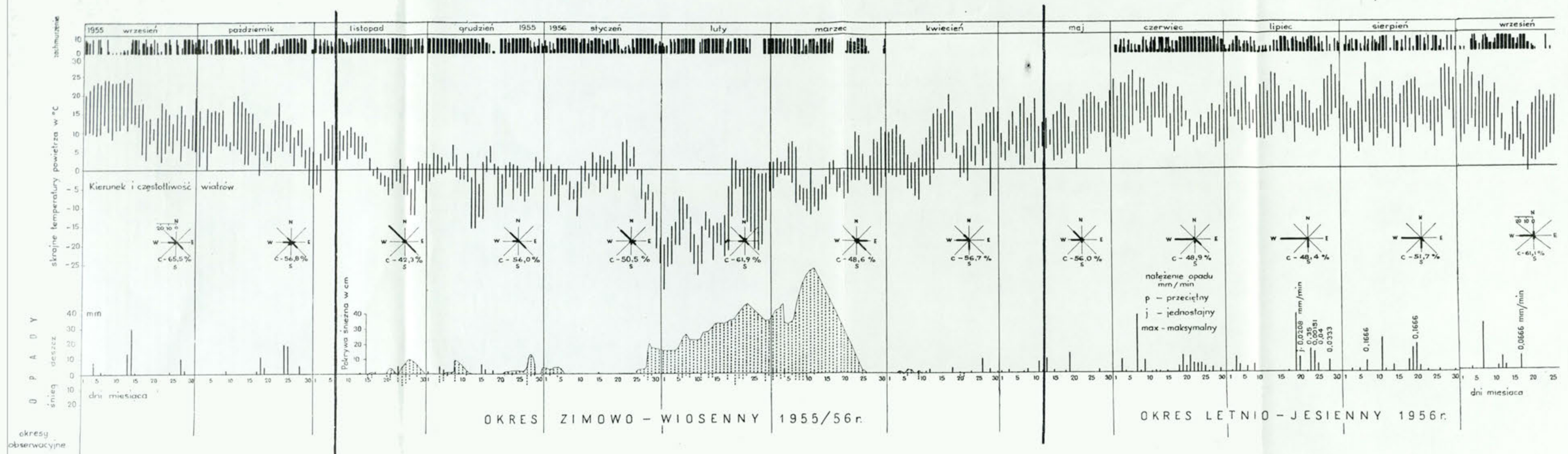
IV — okres o zimie umiarkowanie ciepłej, z małą ilością śniegu, o mniej więcej równomiernie rozłożonej pokrywie śnieżnej i szybkich roztopach na zamrożonym podłożu.

Inny charakter zmienności stanów pogody w poszczególnych okresach zimowo-wiosennych spowodował różne natężenie spłukiwania na tych samych stokach. Największe spłukiwanie na wszystkich stokach miało miejsce w I okresie. Okres ten charakteryzował się grubą i równomiernie rozłożoną pokrywą śnieżną oraz szybkimi roztopami. Duża ilość wody — powstała z 70 cm pokrywy śnieżnej — nie mogąc wsiąknąć w zamrożone podłoże, spływała ze stoków, spłukując je intensywnie (tab. 9).

W pozostałych okresach (1956/1957, 1957/1958, 1958/1959) — z cieńszą pokrywą śnieżną i wielokrotnym jej zanikaniem — rozmiary spłukiwania na stoku 1 były dwa, na stoku 5 zaś dwadzieścia razy mniejsze. Wyjątek stanowił tylko okres II (1956/1957), w którym rozmiary spłuki-

Ogólna charakterystyka stosunków termiczno-opadowych okresów zimowo-wiosennych w latach 1955—1959

Okresy	D n i				Suma opadów śniegu mm	Suma opadów deszczu mm	Suma opadów za cały okres	D n i		Maksymalna gru- bość pokrywy śnieżnej	Charakter okresu
	z mrozem (<0°C przez całą dobę)	z temperaturą wahającą się > i < 0°C	z temperaturą > 0°C przez całą dobę	z wiatrem o prędkości > 4 m/sek				z pokrywą śnieżną	z trwałą pokry- wą śnieżną		
1955/56	65	86	34	40	202,4	64,3	266,7	97	62	70	Zima mroźna, umiarkowa- nie wietrzna z dużą ilością śniegu i czterokrotnym na- wrotem mrozów i ociep- leń
1956/57	64	90	76	55	186,4	167,5	353,9	61	13	15	Zima mroźna, silnie wie- trzna, z przeciętną ilością śniegu i siedmiokrotnym nawrotem mrozów i ociep- leń
1957/58	83	64	84	28	164,4	155,3	319,7	97	31	40	Zima mroźna bezwietrzna, z przeciętną ilością śniegu i pięciokrotnym nawrotem mrozów i ociepleń
1958/59	33	80	74	39	131,1	176,6	307,7	84	36	38	Zima umiarkowanie ciepła z małą ilością śniegu i dwukrotnym nawrotem mrozów i ociepleń



Ryc. 8. Charakterystyka klimatu okresów pomiarowych w latach 1955—1959

Tabela 9

Rozmiary spłukiwania w sezonach zimowo-wiosennych i letnio-jesiennych w latach 1955–1959 (w gramach)

Użytkowanie i nr stoku	Sezony pomiarowe										
	zimowo-wiosenny	letnio-jesienny	zimowo-wiosenny	letnio-jesienny	zimowo-wiosenny	letnio-jesienny					
	1955/56	1956	1956/57	1957	1957/58	1958					
							zimowo-wiosenny	1958/59		letnio-jesienny	1959
Stoki łąkowe											
Stok 1 (ekspozycja NW) powierzchnia 98 m ²	29	5	14	12	16	28	—	—	—	—	—
Stok 2 (ekspozycja SE) powierzchnia 85 m ²	31	7	29	10	20	21	—	—	—	—	—
Stok 5 (ekspozycja N) powierzchnia 300 m ²	20	2	20	5	1	6	8	8	4	4	4
Stoki pastwiskowe											
Stok 3 (ekspozycja SW) powierzchnia 170 m ²	51	10	31	28	14	80	—	—	—	—	—
Stok 6 (ekspozycja S) powierzchnia 234 m ²	537	148	60	783	103	991	190	190	1042	1042	1042

wania na stoku 5 osiągnęły taką wartość jak w okresie I (1955/1956) dzięki nawianiu większej ilości śniegu.

Stwierdzamy, że rozmiary spłukiwania w okresach zimowo-wiosennych zależą od reżimu termiczno-opadowo-wietrznego. Po zimie mroźnej, śnieżnej, bezwietrznej lub umiarkowanie wietrznej, z równomiernie rozłożoną pokrywą śnieżną, o szybkich roztopach, spłukiwanie jest duże na wszystkich stokach. Natomiast po zimie mroźnej z małą lub przeciętną ilością śniegu, ale silnie wietrznej, z różną grubością pokrywy śnieżnej, o szybkich roztopach — spłukiwanie jest zróżnicowane. Na stokach dowietrznych spłukiwanie jest niewielkie, na stokach zawietrznych zaś, z akumulacją śniegu, rozmiary spłukiwania są znacznie większe i mogą osiągać wartość jak po zimie mroźnej z dużym opadem śnieżnym.

Charakter okresów letnio-jesiennych a rozmiary spłukiwania

W okresach letnio-jesiennych spłukiwanie na stokach zależy od wielkości i charakteru opadów oraz ich rozmieszczenia w czasie. Dane te, dla okresów w których prowadziłem pomiary, różniły się między sobą (ryc. 8). Wśród nich można wyróżnić (tab. 10):

Tabela 10

Ogólna charakterystyka opadów w okresach letnio-jesiennych w latach 1956—1959

Okresy	Dni z deszczem < 10 mm/dobę		Dni z deszczem > 10 mm/dobę		Ogólna suma opadów za cały okres mm	Charakter okresu
	Ilość	Suma opadów mm	Ilość	Suma opadów mm		
1956 (12 V—24 IX)	46	163,7	13	249,2	412,9	Umiarkowanie suchy z normalnymi i równomiernie rozłożonymi opadami
1957 (11 V—30 IX)	64	187,2	11	249,8	437,0	Umiarkowanie suchy, ale z 11 niewielkimi opadami typu burzowego
1958 (19 V—19 XI)	75	247,6	21	473,8	721,4	Mokry z kilkukrotnymi okresami opadów o dużym natężeniu
1959 (25 V—26 VIII)	33	127,8	13	321,5	449,3	Przeciętny z kilkukrotnym nawrotem kilkudniowych opadów, o małym natężeniu

I — okres umiarkowanie suchy (413 mm opadu) z normalnymi i mniej więcej równomiernie rozłożonymi opadami w ciągu całego okresu;

II — okres umiarkowanie suchy (437 mm opadu), ale z 11 niewielkimi opadami typu burzowego;

III — okres bardzo wilgotny (721 mm opadu) z kilkukrotnymi okresami opadów o dużym natężeniu;

IV — okres o przeciętnej ilości opadów (450 mm) z okresami kilkudniowych opadów o małym natężeniu.

Różnice w charakterze i wielkości opadów poszczególnych okresów spowodowały znaczne zróżnicowanie natężenia spłukiwania na badanych stokach. Wyniki pomiarów wielkości spłukiwania wskazują, że na wszystkich stokach największe spłukiwanie wystąpiło w okresie bardzo wilgotnym (1958 r.). W pozostałych okresach (1956, 1957, 1959 r.) na wszystkich stokach spłukiwanie było od 1,2 (na stoku 5) do 8 razy mniejsze (na stoku 3, tab. 9).

Obok ilości opadów i ich rozmieszczenia w czasie duże znaczenie ma charakter opadów. Dowodzą tego wyniki pomiarów z okresów letnich 1956, 1957 r., które charakteryzowały się podobną wielkością opadów (413 i 437 mm) i podobnym rozmieszczeniem w czasie, natomiast różniły się charakterem. W okresie lata 1956 r. występowały opady o małym natężeniu, nie przekraczającym 0,35 mm/min. Natomiast w okresie letnim 1957 r. kilkakrotnie wystąpiły opady o natężeniu od 0,55 do 0,9 mm/min, a 21 VII natężenie opadu wynosiło 3,0 mm/min. To dwu- do dziesięciokrotne zwiększenie się natężenia deszczu spowodowało większe spłukiwanie od 1,5 (na stoku 2) do 5 razy (na stoku 6).

Rola sezonów zimowo-wiosennych i letnio- jesiennych w przeobrażaniu stoków przez spłukiwanie

Wyniki pomiarów wielkości spłukiwania w sezonach zimowo-wiosennych i letnio-jesiennych za okres 4 lat wykazują, że rozmiary spłukiwania w tych dwu sezonach w poszczególnych latach były różne.

Jak widać z tabeli 9 rozmiary spłukiwania na tych samych stokach w jednym roku były większe w sezonie zimowo-wiosennym, w innym roku — w sezonie letnio-jesiennym.

W latach o klimacie ostrym z kontrastowymi sezonami zimowo-wiosennymi (mroźne i śnieżne, o szybkich roztopach na zamarzniętym podłożu), a łagodnymi letnio-jesiennymi (przeciętna ilość opadów mniej więcej równomiernie rozłożona w sezonie), rozmiary spłukiwania były większe w sezonach zimowo-wiosennych. Taki obraz stosunków stwierdzono w 1955/1956 r. na stokach łąkowych — 1, 2, 5 oraz na stokach pastwiskowych — 3, 6. Natomiast w latach o łagodnych sezonach zimowo-wiosennych (umiarkowanie ciepłych z małą ilością śniegu, o powolnych roztopach), a bardzo wilgotnych sezonach letnio-jesiennych (duża ilość gwałtownych opadów), rozmiary spłukiwania były większe w sezonach letnio-jesiennych. Takie natężenie spłukiwania stwierdzono na tych samych stokach (stoki 1, 2, 5, 3, 6) w 1957/1958 r.

Odwrotny obraz natężenia spłukiwania w sezonach zimowo-wiosennych i letnio-jesiennych w różnych latach był zatem uwarunkowany odmiennym charakterem klimatu w tych sezonach.

Chcąc określić rolę sezonów zimowo-wiosennych i letnio-jesiennych w przeobrażaniu stoków przez spłukiwanie — w ciągu kilku lat — należy porównać sumaryczne efekty procesu spłukiwania z kilku sezonów zimowo-wiosennych z taką samą ilością sezonów letnio-jesiennych (tab. 11).

Różnice w rozmiarach splukiwania poszczególnych sezonów wskazują, że na stokach łąkowych większe splukiwanie występowało w sezonach zimowo-wiosennych. W odniesieniu do rozmiarów sumarycznego splukiwania za okres 3 lat stanowi to 56,7% na stoku 1, 67,8% na stoku 2 i 75,9% na stoku 5. Liczby te wskazują, że w okresie 3 lat większą rolę w przeobrażeniu stoków łąkowych odegrały sezony zimowo-wiosenne.

Na stokach pastwiskowych — 3, 6 — w tym samym czasie mamy obraz odwrotny. Na tych samych stokach sumaryczne splukiwanie za trzy sezony zimowo-wiosenne wynosiło: 96 i 700 g, a w ciągu trzech sezonów letnio-jesiennych 118 i 1922 g. Różnice wskazują na większe splukiwanie w sezonach letnio-jesiennych.

Procentowy udział rozmiarów splukiwania za 3 sezony zimowo-wiosenne w stosunku do sumarycznego splukiwania za okres 3 lat wynosi na stoku 3 — 44,8%, a na stoku 6 — 26,3%. Dane te dowodzą, że rola tych samych sezonów na stokach pastwiskowych jest mniejsza niż na stokach łąkowych. Na stokach pastwiskowych w ciągu 3 lat większą rolę odegrały sezony letnio-jesienne.

Na stokach odmiennie użytkowanych (pastwiska, łąki) widać, jak w tych samych sezonach szata roślinna chroni je przed splukiwaniem. W okresach letnich o największej częstotliwości opadów i dużym ich natężeniu stoki łąkowe były osłonięte wysoką (30—40 cm) i gęstą pokrywą roślinną. Roślinność pokrywająca powierzchnię gleby kilkoma warstwami chroniła ją przed mechanicznymi uderzeniami kropel deszczu oraz znacznie utrudniała wymywanie i transportowanie materiału mineralnego w dół stoku. Natomiast na pastwiskach pokrywa roślinna wskutek wypasu owiec była niska i nieszczelna, w mniejszym stopniu osłaniała powierzchnię gleby przed padającymi kroplami deszczu i w mniejszym stopniu wstrzymywała spływ wody po stoku, co stwarzało dogodne warunki dla splukiwania.

MECHANIKA I ROZMIARY PRZEKSZTAŁCANIA STOKÓW PRZEZ SPLUKIWANIE

Wyniki pomiarów wielkości splukiwania na poszczególnych stokach (tab. 11), przedstawione graficznie na rycinach 4—8, określają ciężar transportowanego materiału przy wzrastających odległościach od wododziału.

Na stoku jednostajnie nachylonym, urozmaiconym mikroreliefem teras rolnych i użytkowanym jako pastwisko (stok 3), przebieg krzywych transportu jest mniej więcej regularny (ryc. 5). Ilość wymywanego i transportowanego materiału wzrasta od wododziału w dół stoku. Jednak wzrost wymywania i transportu na poszczególnych odcinkach stoku nie jest regularny. Największe wymywanie materiału

występuje w górnej i środkowej części stoku, na długości około 135 m; kilka razy mniejsze w dolnej części — na długości około 35 m. Średnie obniżenie górnej i środkowej części stoku prostego w ciągu 3 lat wynosiło około 0,0013 mm, a części dolnej około 0,0002 mm. W ciągu roku wynosi to przeciętnie 0,00043 i 0,00007 mm. Te dane wskazywałyby, że stok prosty jest około 6 razy intensywniej niszczony w górnej i środkowej części niż w dolnej.

Na stoku wypukłym, użytkowanym jako pastwisko, z kilkoma poprzecznie zorientowanymi pasami o różnym stopniu pokrycia gleby przez roślinność (stok 6), wartości krzywych transportu ogólnie biorąc wzrastają od wododziału w dół stoku (ryc. 4). Jednak przebieg krzywych jest zygzakowaty — występują kulminacje i niżówki. Taki przebieg krzywych transportu wskazuje, że pewne części stoku są intensywnie splukiwane; na innych materiał osadza się lub jest transportowany. Intensywne splukiwanie zachodziło na częściach stoku mniej pokrytych roślinnością, a osadzenie i transport na częściach o gęstej pokrywie roślinnej. Partie stoku o gęstej roślinności spełniały rolę filtrów, które nie tylko skutecznie osłaniały glebę przed splukiwaniem, ale i zatrzymywały znaczną ilość materiału niesionego przez wodę z wyższych części stoku.

Na podstawie tabeli i wykresu można stwierdzić, że wielkość średniego obniżenia górnej części stoku wypukłego w okresie 4 lat wynosi 0,003 mm. Ku dołowi wielkość ta wzrasta i w najniższej części stoku osiąga 0,13 mm. W ciągu roku wynosi to 0,00075 i 0,032 mm. Iloraz tych liczb wskazuje, że w najniższej części stoku wypukłego splukiwanie jest 43 razy większe niż w górnej. Mamy tu więc odwrotny obraz rozmiarów splukiwania niż na stoku jednostajnie nachylonym, na którym splukiwanie w części dolnej było kilkakrotnie mniejsze niż w środkowej i górnej.

Na stokach wypukło-wklęsłych (stoki 1 i 2) użytkowanych jako łąki kośne, o mniej więcej takim samym stopniu pokrycia gleby roślinnością, przebieg krzywych transportu jest bardziej złożony (ryc. 3). W części stoku o kształcie wypukłym krzywe transportu wzrastają, a w części o kształcie wklęsłym maleją. Taki przebieg krzywych wskazuje, że część wypukła jest obszarem degradacji, a wklęsła obszarem agradacji. Wzrost krzywych transportu w wypukłej i spadek we wklęsłej części stoku nie jest równomierny. Krzywe transportu obu części stoku mają przebieg zygzakowaty, co jest dowodem, że mechanika procesu splukiwania jest bardzo złożona, a materiał na stoku jest przemieszczany jak gdyby skokami.

Rozmiary splukiwania i wielkość średniego

Kształt stoku, typ użytkowania i powierzchnia	Numery łapaczy	Nachylenie stoku w stopniach	Długość stoku m	Ekspozycja	Ciężar namytego		
					za 3 okresy zimowo-wiosenne (1955/56; 1956/57; 1957/58)		
					odpro-wadzenie poza określony punkt pomiarowy	przyrost transportowanego materiału na poszczegól-nych odcinkach stoku.	akumu-lacja na poszcze-gólnych odcin-kach stoku
Stok 3							
Stok jedno-stajnie na-chylony	102—101	12	0—60	SW	42	42	—
z terasami	100—99	10	60—92	SW	58	16	—
rolnymi	98—97	12	92—135	SW	88	30	—
użytkowany jako pastwi-sko 170 m ²	96—95	6	135—170	SW	96	8	—

za 4 okresy							
Stok 6 Wypukły, użytkowany jako pastwi-sko 234 m ²	31—33	0—10	0—15	S	22	22	—
	34—36	14	15—32	S	33	11	—
	37—39	21	32—46	S	345	312	—
	40—42	22	46—74	S	29	—	316
	43—45	25	74—94	S	36	7	—
	46—48	26	94—142	S	39	3	—
	49—51	27	142—164	S	148	109	—
	52—54	27	164—192	S	96	—	52
	55—57	33	192—214	S	162	66	—
58—60	35	214—234	S	890	728	—	

za 3 okresy							
Stok 1							
Wypukło-wklęsły	1—3	0—20	0—52	NW	34	34	—
użytkowany jako łąka 98 m ²	4—6	20—21	52—70	NW	77	43	—
	7—9	21—14	70—84	NW	73	—	4
	10—12	14—8	84—98	NW	59	—	14
		8—0	98—125	NW	—	—	59

Tabela 11

obniżenia stoków w latach 1955—1959

materiału do poszczególnych punktów pomiarowych w g						Średnie obniżenie w mm	Średnie podwyższenie w mm
za 3 okresy letnio-jesienne (1956, 1957, 1958)			razem za wszystkie okresy				
odprowadzanie	przyrost transportowanego materiału	akumulacja	odprowadzanie	przyrost transportowanego materiału	akumulacja	za okres 3 lat	za okres 3 lat
51	51	—	93	93	—	0,00129	—
72	21	—	130	37	—	0,00096	—
116	44	—	204	74	—	0,00143	—
118	2	—	214	10	—	0,00023	—

za 4 okresy			razem			za okres 4 lat	
33	33	—	55	55	—	0,00305	—
352	319	—	385	330	—	0,01617	—
3906	3554	—	4251	3866	—	0,23001	—
74	—	3832	103	—	4148	—	0,12345
41	—	33	77	—	26	—	0,00108
118	77	—	157	80	—	0,00138	—
222	104	—	370	213	—	0,00806	—
111	—	111	207	—	63	—	0,00187
579	468	—	741	534	—	0,02022	—
2964	2385	—	3854	3113	—	0,12970	—

za 3 okresy			razem			za okres 3 lat	
31	31	—	65	65	—	0,00104	—
26	—	5	103	38	—	0,00175	—
39	13	—	112	9	—	0,00053	—
45	6	—	104	—	8	—	0,00047
		45			104	—	0,00320

Kształt stoku, typ użytkowania i powierzchnia	Numery łapaczy	Nachyle- nie stoku w sto- pniach	Długość stoku m	Ekspo- zycja	Ciężar namytego		
					za 3 okresy zimowo-wiosenne (1955/56; 1956/57; 1957/58)		
					odpro- wadzenie poza określo- ny punkt po- miarowy	przyrost transpor- towanego materiału na po- szczegól- nych od- cinkach stoku	akumu- lacja na poszcze- gólnych odcin- kach stoku
Stok 2							
Wypukło- -wkłęsły	22—24	0—12	0—40	SE	55	55	—
użytkowany	19—21	12—20	40—62	SE	88	33	—
jako łąka	13—15	20—8	62—85	SE	80	—	8
85 m ²		8—0	85—100	SE			80

za 4 okresy							
Stok 5	61—63	0—10	0—50	N	18	18	—
Typu krawę- dziowego	64—66	10—22	50—88	N	37	19	—
z terasami	70—72	22—13	88—114	N	50	13	—
rolnymi	73—75	13	114—134	N	32	—	18
użytkowany	79—81	13—30	134—189	N	68	36	—
jako łąka	85—87	30—15	189—260	N	81	13	—
300 m ²	88—90	15—13	260—300	N	49	—	32

za okres zimowo-wiosenny (1955/56)							
Stok 8	122—124	10—18	0—37	SSW	6	6	—
Wypukło- -wkłęsły	125—127	18—20	37—76	SSW	22	16	—
użytkowany	pomiar	16	76—90	SSW	42467	42467	—
rolniczo	akumu- lacji	14—2	90—142	SSW			42489
142 m ²							

Stok 10							
Wypukły, użytkowany jako las	E ₁ E ₂	0—28	0—55	WNW			
55 m ²							

Tabela 11 cd.

materiału do poszczególnych punktów pomiarowych w g						Średnie obniżenie w mm	Średnie podwyższenie w mm
za 3 okresy letnio-jesienne (1956, 1957, 1958)			razem za wszystkie okresy				
odpro-wadzenie	przyrost transportowanego materiału	akumu-lacja	odpro-wadzenie	przyrost transportowanego materiału	akumu-lacja	za okres 3 lat	za okres 3 lat
20	20	—	75	75	—	0,00160	—
37	17	—	125	50	—	0,00190	—
38	1	—	118	—	7	—	0,00025
		38			118	—	0,00655

za 4 okresy			razem			za okres 4 lat	
23	23	—	41	41	—	0,00068	—
34	11	—	71	30	—	0,00075	—
85	51	—	135	64	—	0,00027	—
47	—	38	79	—	56	—	0,00233
89	42	—	157	78	—	0,00120	—
21	—	68	102	—	55	—	0,00065
17	—	4	66	—	36	—	0,00075

						0,00013	—
						0,00046	—
						2,5278	—
							0,68

za 1 okres letnio-jesienno 1956							
2						0,00003	—

Obok złożonej mechaniki procesu spłukiwania na wykresie widać, że długość odcinków degradowanego i agradowanego w poszczególnych okresach pomiarowych nie jest jednakowa, lecz ulega zmianom, które zależą od ilości wód spływających po stoku. W okresach o silniejszym spływie wód część degradowana zwiększa się kosztem agradowanej, a w okresach o małej ilości wód przeciwnie — degradowana zmniejsza się na korzyść agradowanej.

Stok 1 w okresie 3 lat był degradowany w części wypukłej i w górnej części odcinka wklęsłego, a stok 2 tylko w części wypukłej.

Natężenie procesów na obszarze degradowanym i agradowanym nie jest równomierne. W obrębie każdego obszaru można wyróżnić kilka stref o innym natężeniu procesu. Na obszarze degradowanym można wyróżnić dwie strefy o małym natężeniu spłukiwania przedzielone strefą silnego spłukiwania, a na obszarze agradacji strefę o małym i większym osadzaniu.

W okresie 3 lat wypukła część stoku 1 w górnym odcinku została średnio obniżona o 0,001, w dolnym o 0,0017 mm. Natomiast część wklęsła w górnej strefie została obniżona o 0,0005 mm, a w środkowej i dolnej podwyższona o 0,00047 i 0,0032 mm. W ciągu roku wynosi to 0,00017 mm oraz 0,00016 i 0,0010 mm.

Podobny obraz stwierdzono na stoku 2, na którym część wypukła w okresie 3 lat w górnej strefie została średnio obniżona o 0,0016, a w dolnej o 0,0019 mm (w ciągu roku 0,00053 i 0,00063 mm). Część wklęsła w górnej części została podwyższona o 0,00025, a w dolnej o 0,0065 mm (w ciągu roku 0,00008 i 0,0022 mm).

Na stoku wypukło-wklęsłym (stok 8) użytkowanym w części wypukłej jako zielony ugór, we wklęsłej jako zaorane pole, średnie obniżenie części wypukłej w okresie zimowo-wiosennym 1955/1956 w górnej strefie wynosi 0,00013 mm, a w dolnej 0,00046 mm. Natomiast w części wklęsłej — w górnej jej strefie — średnie obniżenie wynosiło aż 2,5 mm, a dolna strefa została podwyższona o 0,68 mm (ryc. 6).

Obraz zmian omawianego stoku jest nieco inny niż stoków poprzednio opisanych (stoki 1, 2), które miały podobny kształt i na całej długości były użytkowane jako łąki kośne. Na tych stokach rozmiary spłukiwania w górnej strefie części wklęsłej były mniejsze niż na części wypukłej. Natomiast na stoku 8 — w części wypukłej użytkowanej jako ugór, a w części wklęsłej jako zaorane pole — największe spłukiwanie wystąpiło w górnej strefie stoku wklęsłego. Bardzo silne spłukiwanie w tej strefie ułatwiał brak trwałej pokrywy roślinnej oraz dogodna struktura gleby spulchnionej przy wykopie ziemniaków na jesieni 1955 r. Znaczna ilość wód roztopowych, wyzwolona z siedemdziesięciocy-

metrowej pokrywy śnieżnej, na wiosnę 1956 r., nie napotykając przeszkód na spulchnionym ziemniaczysku, spowodowała tak duże obniżenie stoku.

Na stoku wypukło-wklęsłym typu proggu strukturalnego, urozmaiconym w górnej i dolnej części terasami rolnymi, użytkowanym jako łąka (stok 5), rozmiary średniego obniżenia za 4 lata są silnie zróżnicowane w poszczególnych jego częściach (ryc. 4). Tak zwane zaproże stoku (od wododziału po górną krawędź proggu), o kształcie wypukło-wklęsłym, w górnej części wypukłości zostało obniżone o 0,00068 mm, a w dolnej o 0,00075 mm. Natomiast w górnej części wklęsłości zostało obniżone średnio o 0,00027 mm, w dolnej zaś podwyższone o 0,0023 mm. Część stromego stoku, tzw. czoło proggu, została obniżona o 0,0012 mm. Dolna część stoku, tzw. stok łagodny, w górnej swojej części została podwyższona o 0,00065 mm, a w dolnej o 0,00075 mm.

Różne typy procesów (splukiwanie, namywanie) na poszczególnych częściach omawianego stoku wskazują, że stok typu proggu strukturalnego jest obniżany tylko na obszarze tzw. czoła proggu i zaproża, a podwyższany na obszarze stoku łagodnego.

Na stoku wypukłym użytkowanym jako las rozmiary średniego obniżenia w okresie lata 1959 r. (25 V — 26 VIII) wynoszą 0,00003 mm (ryc. 7).

Streszczając te rozważania należy stwierdzić, że rozmiary splukiwania na stokach o różnych kształtach są silnie zróżnicowane.

Na stoku jednostajnie nachylonym (około 20°) górna i środkowa część jest intensywniej niszczona niż dolna. W ciągu jednego roku górna i środkowa część stoku prostego uległy przeciętnemu obniżeniu o 0,00049 mm, a dolna prawie 6 razy mniej (0,00007 mm).

Na stoku wypukłym nachylonym $0-35^\circ$ górna strefa wypukłości jest słabiej niszczona niż strefa dolna. W ciągu jednego roku górna strefa stoku wypukłego uległa przeciętnemu obniżeniu o 0,00075 mm, dolna zaś o 0,032 mm.

Na stoku wypukło-wklęsłym (nachylenia od $0-20$ do 0°) występują dwie charakterystyczne części: 1) degradacyjna i 2) agradacyjna. Część degradacyjna obejmuje stok wypukły i górną część stoku wklęsłego, a część agradacyjna dolną część stoku wklęsłego. W części degradacyjnej wyróżniają się 3 mniejsze części: 1) górna część wypukłości, 2) środkowa część wypukłości, 3) dolna część wypukłości. Części te różnią się między sobą innym natężeniem splukiwania. Górna część stoku wypukłego jest słabo niszczona, dolna jego część jest niszczona najsilniej, górna część stoku wklęsłego zaś jest najsłabiej niszczona i na niej odbywa się transport lub częściowa akumulacja (stok 2).

W ciągu jednego roku górna część stoku wypukłego uległa przeciętnemu obniżeniu o około 0,0004 mm, dolna część stoku wypukłego o około 0,0006 mm, a górna część stoku wklęsłego o około 0,0001 mm. Natomiast dolna część stoku wklęsłego przez akumulację materiału spłyniętego z góry uległa przeciętnemu podwyższeniu o około 0,0016 mm/rok.

Większe obniżenie dolnej części wypukłości, a mniejsze górnej części oraz podwyższenie dolnej części wklęsłości wskazywałoby, że rozwój omawianego stoku o kształcie wypukło-wklęsłym jest kombinacją rozwoju przez spłaszczanie i w pewnym stopniu przez równoległe cofanie. W czasie rozwoju górna część stoku wypukłego ulega powolnemu obniżaniu, dolna część wypukłości — zachowując kształt — cofa się, a dolna część wklęsłości ulega podwyższeniu. Takie zmiany na poszczególnych częściach stoku wypukło-wklęsłego prowadzą do zmniejszania deniwelacji między wierzchowiną a podnóżem stoku; rozpatrując ogólnie deformację — stok będzie ulegał spłaszczaniu. Jednak inne tempo obniżania i cofania wypukłego odcinka stoku w stosunku do podwyższania odcinka wklęsłego sprawia, że wypukła forma przez długi okres będzie się zachowywała, a tylko jej rozprzestrzenienie będzie się zmniejszało na korzyść odcinka wklęsłego.

Przytoczone liczby wskazują, że tempo współczesnego modelowania stoków jest silnie zróżnicowane. Największe tempo współczesnego spłukiwania występuje na stokach nie pokrytych trwałą roślinnością. Natomiast na stokach pastwiskowych, łąkowych i leśnych rozmiary spłukiwania są od kilku do kilkudziesięciu tysięcy razy mniejsze.

Przekształcanie stoków o różnym kształcie przez spłukiwanie jest kombinacją równoległego cofania i spłaszczania. Przekształcanie to na stokach pokrytych trwałą roślinnością jest niezmiernie powolne i wyraża się średnim rocznym obniżeniem części wypukłej o kilka dziesięciotysięcznych części milimetra oraz podwyższeniem wklęsłej części stoku o podobną wielkość.

BADANIA NAD HISTORIĄ DENUDACJI GLEB NA STOKU

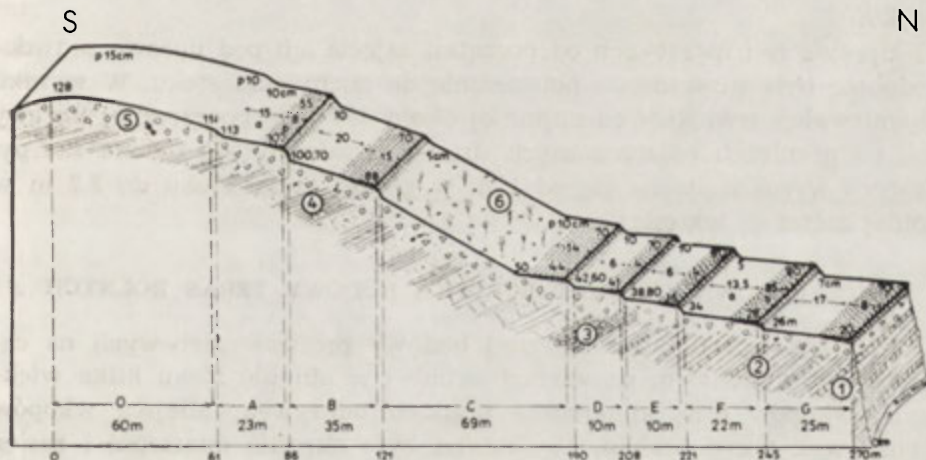
Określenie rozmiarów denudacji gleb na stokach jest możliwe po dokonaniu szczegółowej analizy genetycznych poziomów glebowych. Gleboznawcy i rolnicy melioratorzy wykazali, że miąższość warstwy glebowej rozwiniętej na stokach pod zwartą osłoną pokrywy roślinnej jest mniej więcej taka sama na wyrównanych wierzchowinach jak w obrębie stoków. Natomiast na stokach uprawianych rolniczo miąższość poziomów glebowych jest silnie zróżnicowana [1, 15, 30, 44, 46, 48, 54, 55, 63, 69, 72, 76, 82, 83, 85]. Na płaskich wierzchowinach zachowały się pełne pro-

file glebowe z wszystkimi charakterystycznymi poziomami dla danego typu gleby, a w obrębie stoków w różnych odległościach od wododziału normalna budowa profilów glebowych została zniszczona albo nadbudowana. Porównanie budowy profilów glebowych różnych części stoku z budową na płaskiej wierzchołynie pozwala ilościowo określić stopień zniszczenia gleb na stokach w okresie gospodarczej działalności człowieka.

Taką metodę zastosowałem w tej pracy dla określenia historii denudacji gleb na jednym ze stoków zlewni Białej Wody [25].

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA STOKU

Stok wybrany do badań ma wystawę północną (ryc. 9). Długość jego wynosi około 270 m, a różnica wzniesień między wierzchołyną a dnem doliny — około 110 m. W obrębie stoku zaznaczają się 3 części: 1) górna (od O do B) 120 m długa, ma formę wypukłą, średnie nachylenie wynosi około 19° , 2) środkowa część odcinka (C), długa około 55 m, ma charakter progów, średnie nachylenie wynosi około 33° , 3) część dolna (od D do G) około 94 m długa, ma formę wklęsłą, średnie nachylenie wynosi około 15° . Część dolna stoku o profilu wklęsłym opada stromym (około 40°) zboczem do koryta Białej Wody.



Ryc. 9. Schematyczny przekrój stoku o terasowym układzie pól z obszaru Jaworek koło Szczawnicy (określenia litologiczne skał wg K. Birkenmajera [8])

1 — margle globotrunkanowe (wiśniowe, pstre, zielone), 2 — margle globotrunkanowe prześlawnione łupkami piaszczysto-marglistymi, 3 — żwirowce marglisto-piaszczyste, 4 — piaskowce drobno- i średnioziarniste, cienkoławicowe, hieroglifowe, przewarstwione łupkami, 5 — pokrywa zwietrzelninowa, 6 — krzewy jałowca; O, A, B... G — terasy rolne, a — powierzchnia degradacyjna terasy w m, b — powierzchnia agradacyjna terasy w m, p — grubość warstwy próchnicznej w cm

Stok okryty jest pokrywą zwietrzelinową zmiennej grubości. Przebiegająca miąższość warstwy zwietrzelinowej waha się od 140 do 260 cm. Najgrubsza pokrywa zwietrzelinowa znajduje się u podnóża stromego progu, nad progiem oraz na wierzchowinie i w dolnej części stoku. Najcieńsza natomiast jest w górnej części stoku, w rejonie około 50 m od wierzchowiny i w obrębie stromego progu.

Pokrywa zwietrzelinowa otulająca stok utworzyła się na skałach fliszowych wieku środkowokredowego (cenoman — turon). Litologicznie skały te są wykształcone jako margle globotruncanowe, przeławiczone łupkami piaszczysto-marglistymi i jako piaskowce drobno- lub średnioziarniste, cienkoławicowe, przewarstwione łupkami [6, 8]. Gleba rozwinięta na pokrywie zwietrzelinowej należy do typu górskich gleb brunatnych — kwaśnych, ze znaczną domieszką części szkieletowych [14]. Poziomy genetyczne są tu słabo wykształcone. Pod względem składu mechanicznego gleby te należą do glin lekkich, średnich i ciężkich.

W górnej części stok ten jest użytkowany jako pastwisko, w części dolnej jako łąka kośna. Dawniej stok ten w części wypukłej i wklęsłej był zajęty pod uprawę rolną. Dokładną datę rozpoczęcia uprawy roli na tym obszarze trudno ustalić, gdyż brak dokumentów pisanych. Jednak na podstawie pracy Dobrowolskiego [12] i Podrazy [58] można wnioskować, że zagospodarowanie tego obszaru rozpoczęło się w okresie prądów osadniczych ze wschodu i południa w XIV i XV wieku.

Uprawa roli na stokach od początku zajęcia ich pod uprawę prawdopodobnie była prowadzona poprzecznie do nachylenia stoku. W wyniku długotrwałej, trwającej co najmniej około 300 lat⁴ poprzecznej uprawy roli na granicach poszczególnych działek utworzyły się strome skarpy, których wysokość waha się od 1 m w górnej części stoku do 2,2 m w dolnej części — wklęsłej.

SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA BUDOWY TERAS ROLNYCH

Dla prześledzenia wewnętrznej budowy profilów glebowych na całym stoku wykonałem na wierzchowinie i w obrębie stoku kilka większych wkopów oraz kilkanaście płytkich odkrywek. Miejsca wkopów i odkrywek tak dobrałem, aby można było określić miąższość i zasięg poszczególnych poziomów glebowych, głównie grubość warstwy próchnicznej. Ponieważ omawiany stok jest sterasowany, większe wkopy wykonałem w obrębie stromych skarp, a mniejsze w obrębie łagodnie nachylonych powierzchni terasowych.

⁴ Szczegółowy plan katastralny z 1846 r. przedstawia już taki sam układ pól, jaki obserwujemy dzisiaj.

Analizując dokładnie miąższość poziomu próchnicznego w przekroju poprzecznym poszczególnych teras stwierdziłem stopniowy wzrost miąższości poziomu próchnicznego zgodnie z nachyleniem — od podnóża wyższej skarpy do załomu niżej położonej. W przekroju warstwa próchniczna w obrębie teras ma postać zbliżoną do klina zwróconego ostrym końcem w górę stoku (ryc. 10).

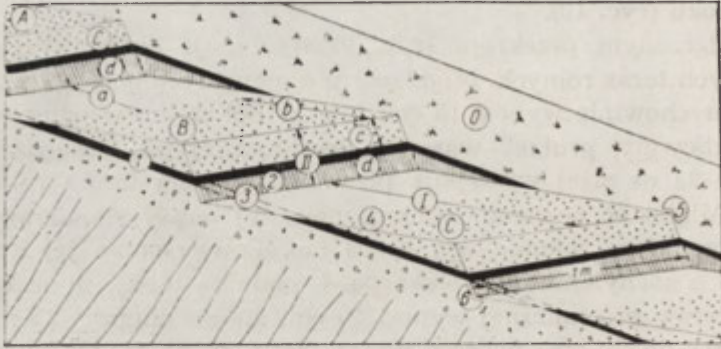
Na załączonym przekroju (ryc. 9) występuje siedem typowo wykształconych teras rolnych. Miąższość poziomu próchnicznego na wyrównanej wierzcholinie wynosi 15 cm. Idąc w dół stoku, w odległości 60 m od wierzcholiny, grubość warstwy próchnicznej jest mniejsza, wynosi 10 cm. O 23 m niżej występuje pierwsza wyraźna terasa rolna 1,3 m wysoka. Miąższość poziomu próchnicznego tej terasy stopniowo wzrasta i przy wypukłym załomie wynosi 55 cm. Powierzchnia jej kończy się stromą — o nachyleniu 50° — skarpią. U podnóża tej 1,3 m skarpy miąższość warstwy próchnicznej wynosi 10 cm, ale na długości 35 m ponownie wzrasta do 70 cm, tworząc drugą terasę rolną 80 cm wysoką. Poniżej drugiej skarpy grubość warstwy próchnicznej jest znów mała bo 5 cm, ale na przestrzeni 69 m wzrasta do 70 cm, tworząc trzecią terasę rolną.

Podobnie rzecz wygląda w dolnej części stoku, gdzie w odległości 208 m, 221 m, 245 m i 270 m od wierzcholiny występują wyraźne terasy rolne o wysokości 2,2 m, 2,0 m, 2,0 m oraz około 20 m. Grubość warstwy próchnicznej na tych terasach kształtuje się odpowiednio: u podnóża skarpy 10 cm, a w dolnej części terasy — 70 cm, oraz od 10 do 80 cm, od 5 do 90 cm i od 7 do 70 cm.

MECHANIKA ROZWOJU TERAS ROLNYCH

Zebrane dane co do charakteru, miąższości i sposobu występowania warstwy próchnicznej dowodzą, że terasy rolne są zbudowane z dwóch utworów: 1) *in situ* i 2) utworu namytego (ryc. 10). $\frac{1}{2}$ lub $\frac{2}{3}$ ogólnej wysokości skarpy stanowi normalny profil glebowy; powyżej znajduje się warstwa namyta, która stanowi drugą, agradacyjną część skarpy. Z tego widać, że w tworzeniu wysokiej skarpy brały udział dwa procesy: 1) agradacji i 2) degradacji. Proces agradacji odbywający się na granicy pól, w obrębie pasa darni i bruzdy chłonnej doprowadził do powstania warstwy namytej w profilu terasy. Natomiast powierzchnia stoku poniżej pasa darni dzięki corocznej orce, spulchnianiu i bocznemu spychaniu gleby pługiem oraz splukiwaniu i odprowadzaniu jej przez wody opadowe i roztopowe stale ulegała obniżaniu. Ciągłe obniżanie powierzchni u podnóża skarp prowadzi do odsłaniania coraz niższych poziomów glebowych i wzrostu wysokości degradacyjnej części skarpy.

Nasuwa się pytanie, czy ilość materiału uruchomionego procesami spłukiwania i przemieszczania odpowiada kubaturze materiału zatrzymanego i osadzonego w agradacyjnym odcinku terasy rolnej? Odpowiedź znajdziemy porównując kubaturę namytej warstwy próchnicznej



Ryc. 10. Schemat budowy teras rolnych

O — stok nieterasowany, A, B, C — terasy rolne na stoku; I — łagodnie nachylna powierzchnia terasy tzw. „ława teras” zajęta przez pola orne, a — powierzchnia degradacyjna, b — powierzchnia agradacyjna; II — stroma skarpa terasy porośnięta darnią lub krzewami, c — odcinek agradacyjny (gleba namyta), d — odcinek degradacyjny; 1 — warstwa próchniczna *in situ*, 2 — niższe poziomy genetyczne profilu glebowego, 3 — fragment zrekonstruowanego stoku, 4 — linia przecięcia się stoku zrekonstruowanego ze stokiem współczesnym, 5 — załom wypukły, 6 — załom wklęsły.

Określenie pojemności form degradacyjnych (V_d) i objętości pokryw agradacyjnych (V_a)

$$V_d = d \cdot a \cdot x \cdot 1 \text{ m} ; V_a = c \cdot \frac{1}{2} \cdot b \cdot x \cdot 1 \text{ m}$$

Różnica tych dwóch wielkości określa skuteczność teras rolnych oraz ilość odprowadzonego materiału poza obręb terasy

w obrębie poszczególnych teras rolnych z pojemnością formy degradacyjnej, która powstała wskutek odprowadzenia materiału. Na podstawie różnicy tych dwóch wartości można określić: 1) ile ogółem materiału uległo przemieszczeniu w obrębie stoku, 2) ile z tej ilości pozostało na stoku i w którym miejscu została osadzona, 3) ile materiału odprowadziło spłukiwanie poza obręb stoku.

ROZMIARY PRZEOBRAŻEN W OBRĘBIE POSZCZEGÓLNYCH TERAS ROLNYCH

Kubaturę warstwy próchnicznej na poszczególnych terasach rolnych łatwo możemy obliczyć. Z przedstawionego przekroju wynika, że warstwa próchniczna leżąca na terasach rolnych ma postać klina. Grubość warstwy próchnicznej w obrębie terasy wyznacza pierwszy wymiar klina. Drugi wymiar stanowi odległość między wypukłym załomem terasy a linią przecięcia się powierzchni terasy rolnej z rekonstruowaną po-

wierzchnią naturalnego stoku. Wymiar trzeci — szerokość klina — może być dowolny, w tych obliczeniach przyjąłem szerokość 1 m.

Pojemność form degradacyjnych obliczyłem podobnie. Wysokość dolnej części skarpy pochodzenia degradacyjnego wyznacza pierwszy wymiar tej formy. Drugi wymiar stanowi odległość między wklęsłym załamaniem terasy a linią przecięcia się powierzchni terasy rolnej ze zrekonstruowaną powierzchnią naturalnego stoku. Jako wymiar trzeci, podobnie jak w pierwszym obliczeniu, przyjąłem pas szerokości 1 m.

Przy obliczaniu pojemności form degradacyjnych oraz objętości pokryw agradacyjnych przyjąłem założenie, że pierwotny stok przed rozpoczęciem na nim uprawy rolnej, gdy porastał go las, był pokryty warstwą próchnicy o jednakowej miąższości. Takie założenie przyjmuje w swoich pracach wielu gleboznawców i rolników melioratorów [13, 69, 76, 82, 85]. Jako stały punkt odniesienia przyjąłem grubość poziomu próchnicznego na płaskiej wierzchowinie, gdzie procesy zarówno splukiwania jak i grawitacyjnego przemieszczania nie powinny grać większej roli; przeciwnie, grubość poziomu próchnicznego z biegiem lat powinna stopniowo się zwiększać. Grubość obecnego poziomu próchnicznego na wierzchowinie wynosi 15 cm. Do tej wielkości odnosiłem i z nią porównywałem wszystkie wartości dotyczące grubości warstwy próchnicznej w poszczególnych punktach długości stoku. Różnica miąższości warstwy

Tabela 12

Pojemność form degradacyjnych i kubatura form agradacyjnych na stoku o terasowym układzie pól z obszaru Jaworek koło Szczawnicy

Nazwa formy	Pojemność formy degradacyjnej powstałej wskutek odprowadzenia gleby z górnej części terasy lub stoku m ³	Kubatura namytej warstwy próchnicznej na poszczególnych terasach m ³	Różnica między pojemnością formy degradacyjnej a kubaturą namytej warstwy próchnicznej m ³
Odcinek O	1,5	—	1,5
Terasa A	7,8	1,6	6,2
Terasa B	9,0	4,1	4,9
Terasa C	4,0	3,8	0,2
Terasa D	2,5	1,1	1,4
Terasa E	4,9	1,3	3,6
Terasa F	9,1	3,2	5,9
Terasa G	10,6	2,2	8,4
Razem	49,4	17,3	32,1

próchnicznej stwierdzona między płaską wierzchowiną a określonym punktem na stoku powinna świadczyć o wielkości degradacji lub agradacji.

Porównanie liczb z tabeli 12 odsłania mechanizm i wielkość przeobrażeń różnych części stoku. Porównując kubaturę materiału odprowadzonego z degradacyjnej części z ilością materiału złożonego w agradacyjnej części teras widzimy, że zawsze objętość materiału odprowadzonego jest większa w porównaniu z ilością materiału osadzonego w obrębie poszczególnych teras.

ROZMIARY PRZEOBRAZEŃ W OBRĘBIE CAŁEGO STOKU

Ogólną masę przemieszczoną w obrębie stoku otrzymamy po zsumowaniu pojemności wszystkich form degradacyjnych w pasie szerokości 1 m, co daje 49,4 m³. Z ogólnej objętości przemieszczonej gleby część została zatrzymana w obrębie stoku, budując pokrywy agradacyjne na terasach rolnych. Objętość materiału tych pokryw otrzymamy przez zsumowanie materiału osadzonego na poszczególnych terasach, wynosi ona 17,3 m³. Z różnicy dwu wartości 49,4 m³ i 17,3 m³, które określają ogólną objętość materiału przemieszczonego i zatrzymanego w obrębie stoku wynika, że 32,1 m³ uległo odprowadzeniu poza obręb stoku. Przeliczając tę liczbę na powierzchnię całego stoku (270 m²) otrzymamy wartość średniego obniżenia — 11,8 cm.

Ogólny ruch mas na stoku, jak widać z powyższych obliczeń, wynosi 49,4 m³. Przyjmując tę wartość za 100% możemy określić, że objętość materiału, który pozostał na stoku i utworzył terasy rolne stanowi tylko 35,1%, a objętość materiału odprowadzonego poza obręb stoku aż 64,9%.

WIELKOŚĆ I KIERUNEK ZMIANY FORMY STOKU W OKRESIE GOSPODARKI CZŁOWIEKA

Znając ilość materiału odprowadzonego i osadzonego w obrębie poszczególnych części stoku możemy określić kierunek i wielkość zmian formy stoku w okresie gospodarki człowieka.

Górna część stoku (ryc. 9) uległa średniemu obniżeniu o 2,5 cm (tab. 13). Część na której występuje terasa A, uległa średniemu obniżeniu o 24,4 cm. W odcinkach B i C ilość materiału odprowadzonego w stosunku do osadzonego na terasach rolnych przeważa o 5,1 m³ na korzyść materiału odprowadzonego. Przeliczając tę wartość na całą powierzchnię tych odcinków otrzymamy ich średnie obniżenie — 4,7 cm.

Dalsze porównania i podobne przeliczenia na poszczególnych terasach dają liczby określające średnie obniżenie poszczególnych części stoku.

Z podanych w tabeli 13 liczb obrazujących wielkość średniego obniżenia stoku na poszczególnych jego odcinkach widać, że jest ono bardzo zróżnicowane. Cały stok, zarówno górna wypukła, jak i dolna wklęsła część, uległ obniżeniu — największemu w części dolnej. W górnej części stoku wielkość obniżenia maleje z wyjątkiem terasy C oraz u podnóża stromego (30—35°) progu porośniętego krzewami jałowca i młodymi drzewkami świerka. Mimo dużego nachylenia krzewy i trawy sprawiły, że procesy degradacji zachodziły tam znacznie wolniej niż na polach ornych. Tłumaczy to niską wartość średniego obniżenia tej części stoku.

Tabela 13

Wielkość średniego obniżenia stoku na poszczególnych jego odcinkach w okresie gospodarki człowieka

	Odcinek O	T e r a s y							Cały stok
		A	B	C	D	E	F	G	
Średnia wielkość obniżenia stoku cm	2,5	24,4	13,2	0,2	10,7	27,6	20,4	32,4	11,8

Mimo utworzenia się mikroreliefu teras rolnych zmiana formy omawianego stoku w części wklęsłej postępuje w kierunku zwiększania się jej nachylenia. Natomiast w części wypukłej postępuje w kierunku spłaszczenia wypukłości i zmniejszania nachylenia stoku. Taki kierunek zmiany wklęsłej formy stoku jest typowy tylko dla stoków ornych, podcinanych przez rzekę. Natomiast kierunek zmian wklęsłej formy stoku, która przechodzi w rozległą równinę terasową, będzie zupełnie inny. W takich przypadkach podnóża stoków wklęsłych są zasypywane, baza dla procesów stokowych podnosi się, a procesy degradacji prowadzi do powiększania się długości wklęsłej części stoku i zmniejszenia jej nachylenia.

Streszczając przedstawione rozważania należy podkreślić że:

1) stoki dojrzałe zajęte pod uprawę rolną ulegają silnym przeobrażeniom,

2) w przemodelowaniu stoków rolnych główny wpływ wywiera woda płynąca (proces spłukiwania powierzchniowego) oraz mechaniczne spychanie gleby przez pług.

3) utrudnianie i hamowanie procesu spłukiwania przez równoległą orkę oraz pasy darni na granicach pól prowadzi do powstania teras rolnych,

4) szczegółowa analiza budowy teras rolnych pozwala ilościowo określić ogólne przemieszczenie gleby na stoku oraz skuteczność tych form w zahamowaniu erozji gleb na stokach,

5) terasy rolne nie chronią gleby na stokach przed niszczącym działaniem procesów degradacyjnych, tylko silnie różnicują ich natężenie,

6) w omawianym przykładzie terasy rolne zatrzymały tylko około 40% materiału przemieszczanego w obrębie stoku, a 60% zostało odprowadzone poza obręb stoku do koryta Białej Wody,

7) zmiana formy stoku w okresie gospodarki człowieka jest silnie zróżnicowana na poszczególnych jego odcinkach,

8) mimo utworzenia się mikroreliefu teras rolnych średnie obniżenie stoku w okresie około 300 lat w części wklęsłej wynosi 27 cm, w wypukłej 14 cm (na rok = 0,9 i 0,47 mm).

TEMPO I KIERUNEK ZMIAN FORMY STOKU TYPU PROGU STRUKTURALNEGO W OKRESIE OKOŁO 300 LAT A TEMPO I TYP ZMIAN OBECNIE

Na stoku typu progu strukturalnego (stok 5) prowadziłem: a) stacjonarne pomiary dla określenia rozmiarów obecnego spłukiwania, b) badania nad określeniem historii denudacji gleb. Przekroje, na których prowadziłem badania, znajdowały się w niedużej odległości od siebie. Ogólny kształt stoku i mikrorelief w jego obrębie były zasadniczo takie same na obu przekrojach. Nieznaczne różnice zaznaczyły się tylko w ilości teras rolnych. Przekrój, na którym prowadziłem analizę genetycznych poziomów glebowych, miał o dwie terasy więcej niż przekrój stoku, na którym prowadziłem stacjonarne pomiary nad spłukiwaniem.

Stok na którym przeprowadzałem wymienione badania, przed 1947 r. był zajęty pod uprawę rolną; w okresie badań w części dolnej był użytkowany jako łąka, a w górnej jako pastwisko.

Porównanie rozmiarów denudacji gleb w okresie 300 lat z aktualną na tym samym stoku, ale odmiennie użytkowanym w przeszłości i obecnie, pozwala uchwycić różnice w tempie i typie zmian ogólnej formy stoku.

Rozmiary obniżenia i podwyższenia stoku typu progu strukturalnego, sterasowanego w odcinku górnym i dolnym, w okresie około 300 lat i w okresie pomiarów podano w tabeli 14.

Różnice między liczbami w tabeli 14 wskazują, że obecnie w związku ze zmianą użytkowania rolnego na łąkowe na niektórych odcinkach stoku zmienił się typ procesu (z degradacji na agradację) i tempo degradacji. Zmiana typu procesu oraz zdecydowanie wolniejsze (20—5000 ra-

Rozmiary obniżenia i podwyższenia stoku krawędziowego na poszczególnych jego odcinkach w przeszłości i w okresie pomiarów

Obniżenie i podwyższenie	Odcinek stoku							
	O	A	B	C	D	E	F	G
Ogólne obniżenie w ciągu 300 lat mm	25,0	244,0	132,0	2,0	107,0	276,0	204,0	324,0
Średnie roczne obniżenie w ciągu 300 lat mm	0,083	0,813	0,44	0,007	0,36	0,92	0,7	1,08
Ogólne obniżenie w ciągu 4 lat	0,00068	0,00075	—	0,0012	—	—	—	—
Średnie roczne obniżenie w okresie pomiarów mm	0,00017	0,00019	—	0,0003	—	—	—	—
Ogólne podwyższenie w ciągu 4 lat	—	—	0,00233	—	—	0,00065	—	0,00075
Średnie roczne podwyższenie w okresie pomiarów mm	—	—	0,0006	—	—	0,00016	—	0,00019

zy) jego obecne tempo w stosunku do tempa w przeszłości dokumentują inny typ zmian w ogólnym kształcie stoku.

W przeszłości dolna, wklęsła część stoku krawędziowego uległa zestrzeleniu, a górna, o formie wypukło-wklęsłej — jednoczesnemu cofaniu i spłaszczeniu. Natomiast obecnie mamy nieco inny obraz. Dolna, wklęsła część stoku ulega powolnemu podwyższaniu, a górna, podobnie jak w przeszłości ulega cofaniu i spłaszczeniu.

Z tego wniosek, że zmiana sposobu użytkowania na tym samym stoku zmniejsza bardzo wydatnie w pewnych przypadkach nie tylko natężenie współczesnej degradacji na stokach, ale i typ procesu z degradacji na agradację, co dalej jest przyczyną innego kierunku zmian ogólnej formy stoku.

BADANIA NAD SPEŁZYWANIEM I INNYMI PROCESAMI GRAWITACYJNYMI

Uwagę skoncentrowałem głównie na badaniu procesu spełzywania. Obok tego prowadziłem obserwacje i pomiary małych zerw i zsuwów. Poza tym starałem się również określić wielkość przemieszczeń spowodowanych przez szczotki lodu włóknistego.

SPEŁZYWANIE

Badania nad spełzywaniem prowadziłem na dwóch stokach specjalnie do tego celu wybranych (mapa 3). Okres badań trwał 3 lata (1955—1958 r.). Pomiary kontrolne robiłem dwa razy w roku — na jesieni i na wiosnę.

Przyrządy i technika wykonywania pomiarów

Do określenia rozmiarów spełzywania zastosowałem dębowe kołki kształtu czworokątnego graniastosłupa o wymiarach $50 \times 4,5 \times 4,5$ cm, na jednym końcu zaokrąglonych. Kołki te wbijałem na stokach do głębokości około 40 cm według określonego planu.

Na wierzcholinie wyszukałem wychodnię litej skały. Osadziłem w niej na cemencie metalowy reper, który stanowił stały punkt odniesienia, tzw. stanowisko podstawowe A. W niedużej odległości od tego stanowiska — również na wychodni litej skały — osadziłem na cemencie drugi metalowy reper B. Repery A i B stanowiły bazę pomiarową. Przy osadzaniu reperu A zwracałem szczególną uwagę na widoczność każdego punktu na całej długości stoku. Następnie od reperu A wyznaczyłem linię prostą wzdłuż największego spadku ku osi doliny (ryc. 11). Na tej prostej, wyznaczonej przez reper na wierzcholinie i drugi w najniższej części stoku, w różnych miejscach na całej długości stoku wbito

dębowe kołki, a na nich osadzono miedziane sygnały o ϕ 2 mm. Prosta i pośrednie punkty na tej prostej wyznaczyłem za pomocą teodolitu. Ustawiałem go dokładnie nad głównym reperem A, następnie lunetą teodolitu celowałem na reper znajdujący się w najniższej części stoku (po dokładnym wycelowaniu pionowa nitka w lunecie teodolitu pokrywała się z reperem kołka położonego najniżej). Unieruchomiwszy lunetę w płaszczyźnie poziomej, wyznaczyłem pośrednie punkty na prostej, między stanowiskiem podstawowym a kołkiem najniżej położonym. W ten sposób na wyznaczonej prostej w odstępach około 20 m wbito kołki a na ich wierzchołkach osadzono miedziane sygnały. Wszystkie sygnały osadzone na kołkach pokrywały się z pionową nitką w lunecie teodolitu. Wyjściowe położenie prostej, a tym samym i wszystkich punktów na niej położonych, bardzo dokładnie określono wielkością kąta, jaki tworzą stałe repery A i B znajdujące się na wierzcholinie z reperem pomocniczym (nr 15) położonym w niższej części stoku. Pośrednie punkty na prostej były dwójakiego rodzaju: 1) tzw. stanowiska pomocnicze i 2) stanowiska pomiarowe. Stanowiska pomocnicze miały kołki dłuższe (do 120 cm), głębiej wbite (do 110 cm); stanowiska pomiarowe miały kołki 50 cm, wbite do głębokości 30—40 cm (ryc.11,12). Stanowiska pomocnicze były zakładane w charakterystycznych punktach na stoku, a zadaniem ich było uzyskanie dokładniejszych pomiarów oraz objęcie pomiarami większych powierzchni stoku. W kontrolnych pomiarach lat następnych stanowiska pomocnicze stanowiły stałe punkty odniesienia. Przed każdym kontrolnym pomiarem ich „stałość” zawsze była kontrolowana z bazy pomiarowej od reperów A i B.

Ze stanowisk pomocniczych, podobnie jak i ze stanowiska podstawowego były wyznaczane linie proste w dół i w poprzek stoku. Zasada wyznaczania tych prostych była taka sama jak prostej podstawowej. Łącznie na dwóch stokach wbiłem 60 kołków.

Pomiary kontrolne polegały na dokładnym ustawieniu teodolitu nad każdym punktem odniesienia, sprawdzeniu ich „stałości” przez celowanie na stałe punkty odniesienia, a następnie kolejnym celowaniu na wszystkie założone repery i odczytywaniu odchyłeń poszczególnych reperów od ich wyjściowego położenia. Wielkość odchyłeń poszczególnych reperów określa rozmiary przemieszczenia pokrywy zwietrzelinowej. Ponieważ otrzymane wartości są wielkościami kątowymi, za pomocą rachunku trygonometrycznego $b = a \cdot \operatorname{tg} B$ można zamienić je na centymetry lub milimetry. Obok dokumentacji kątowej dla każdego pola wykonałem szczegółowy pomiar odległości między kołkami (ryc.12). Pomiar odległości wykonałem za pomocą taśmy metalowej i dynamometru. Trzykrotny kontrolny pomiar każdego odcinka pozwolił na określenie dokładności pomiaru: wynosiła ona 3 mm. Przy każdym pomiarze

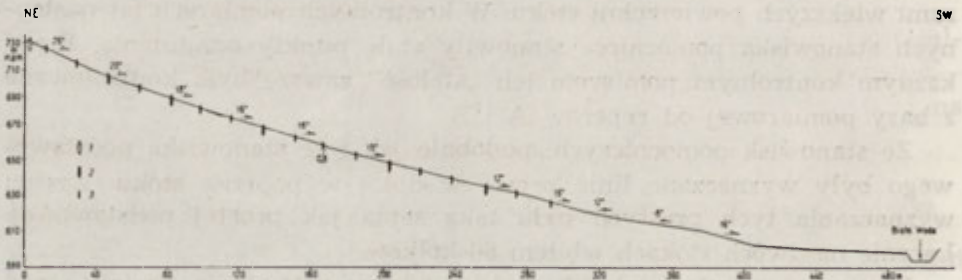
taśmę metalową naciągano z siłą 10 kg. Dokładnie określono również wysokość każdego kołka nad powierzchnią gleby (ryc.12). Wysokość określałem od strony kąta ostrego i rozwartego, jakie każdy kołek tworzy z powierzchnią stoku. W czasie wykonywania kontrolnych pomiarów do dziennika wpisywałem: datę pomiaru, odczyty z teodolitu na poszczególne repery, odległości między kołkami i ich wysokość.

W ten sposób sporządzona dokumentacja umożliwiła określenie wielkości ruchu warstwy glebowej w kierunku skośnym i pionowym. Nie wielki nawet ruch wynoszący zaledwie dziesiąte części centymetra można było uchwycić przy stosowaniu tej metody pomiarów.

Charakterystyka stoków i wyniki pomiarów

Na stoku I i II (mapa 1) prowadziłem pomiary rozmiarów spęływania (ryc.11,12).

Stok I — ogólna charakterystyka. Stok I ma wystawę południowo-zachodnią (ryc.11). Długość jego wynosi ponad 400 m, a różnica wysokości między dnem doliny a wierzchołką 130 m. Ogólny kształt stoku jest złożony: od wierzchołki w kierunku doliny, na długości około 40 m, nachylenia stopniowo wzrastają od 0 do 20°; stok



Ryc. 11. Profil stoku I

1 — reper podstawowy, 2 — repery pomocnicze, 3 — kołki pomiarowe

ma formę wypukłą. Od 40 do 280 m nachylenia maleją od 20 do 12°; profil tej części ma formę lekko wklęsłą. W jego obrębie występuje terasa rolna, wysoka 0,8 m. W odległości 280 i 380 m od wierzchołki występują dwa niewyraźne załomy na stoku, nachylone około 16°, oddzielone od siebie stokiem o nachyleniu 8°. Poniżej załomów stok przechodzi łagodnie w szeroką równinę terasową. Odcinek ten ma 90 m długości.

Omawiany stok w spągu jest zbudowany z piaskowców poprzegradzanych łupkami, w stropie — z luźnych utworów zwietrzelinowych,

soliflukcyjnych i proluwialnych. Największa miąższość tych utworów występuje w dolnej części stoku. W części górnej, wypukłej, grubość utworów pokrywowych wynosi 50 cm, a w kilku miejscach na powierzchni ukazuje się lita skała. W stropowej części pokryw utworzyła się gleba. Pod względem składu mechanicznego należy ona do glin lekkich i średnich. Gliny lekkie występują w górnej części stoku, na długości około 160 m, a gliny średnie — w dolnej części, na długości około 240 m. Ogólnie stwierdza się, że w dół stoku gleby mają mocniejszy skład mechaniczny [45]. Na kontakcie gliny lekkiej ze średnią i w obrębie gliny średniej występuje kilka niewielkich młak. Są one związane z mniej przepuszczalnym podłożem i stałym dopływem wody gruntowej z wyższych części stoku.

W okresie badań górna część stoku była użytkowana jako łąka kośna, dolna jako pole orne.

Punkty pomiarowe. Na omawianym stoku w obrębie łąki wbiliśmy 30 kołków. Ich rozmieszczenie na stoku podaje rycina 12. Reper podstawowy został osadzony na wierzcholinie na wychodni litej skały. Od niego w dół stoku biegnie linia prosta. Na tej prostej w różnych odległościach od reperu podstawowego są rozmieszczone repery pomocnicze wbite w glebę do głębokości poniżej 1 m. Między reperami pomocniczymi znajdują się kołki pomiarowe wbite w glebę do głębokości 30—40 cm. Z reperów pomocniczych biorą początek proste poprzeczne, na których również znajdują się po kilka kołków pomiarowych. Kołki pomiarowe 1—16 i 18—30 wbito w glebę nie wykazującą zewnętrznych cech nadmiernej wilgoci. Kołek 17 wbito w niewielką młakę.

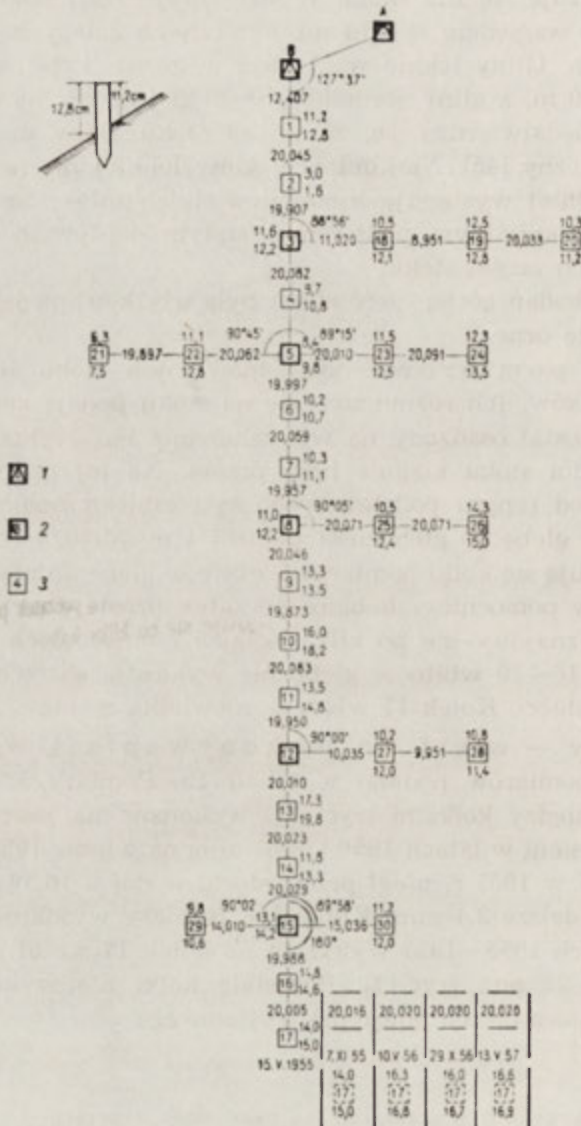
Pomiary — częstość wykonywania i wyniki. Daty kontrolnych pomiarów podano w tabeli 15. Pomiary kontrolne kątów i odległości między kołkami (ryc. 12) wykonane na jesieni 1955 r., na wiosnę i na jesieni w latach 1956 i 1957 oraz na wiosnę 1958 wykazały, że tylko kołek 17 w 1955 r. uległ przesunięciu w dół o 10,59 mm, a w latach 1956 i 1957 o dalsze 3,4 mm. Kontrolne pomiary wysokości kołków wykonane w latach 1955—1957 wykazały, że kołek 17 został podniesiony do góry o około 23 mm (ryc.12). Pozostałe kołki nie wykazały żadnych zmian w stosunku do ich położenia wyjściowego.

Tabela 15

Daty kontrolnych pomiarów na założonych reperach — stok I

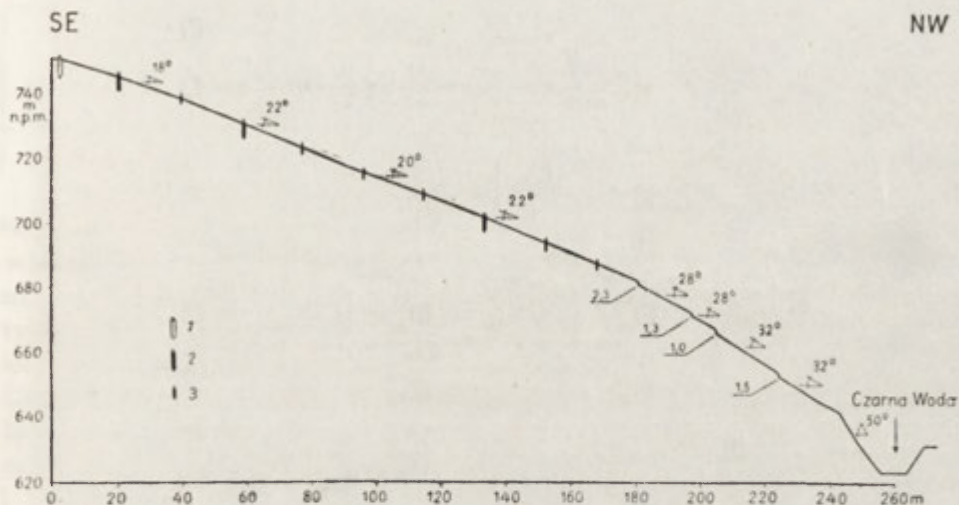
Data założenia kołków	Daty kontrolnych pomiarów					
	1955	1956		1957	1958	
15 V 1955	7 XI	10 V	29 X	13 V	26 XI	14 V

Dłuższy okres prowadzenia kontrolnych pomiarów był niemożliwy, ponieważ reper główny oraz większość kołków w obrębie stoku uległy zniszczeniu.



Ryc. 12. Rozmieszczenie kołków na stoku I
 Dokumentacja wyjściowa z 16.V.1955 r.: a) kątów, b) odległości między poszczególnymi kołkami (m), c) wysokości kołków nad powierzchnią gleby (mierzone od strony kąta ostrego i rozwartego w cm)
 1 — repery podstawowe, 2 — repery pomocnicze,
 3 — kołki pomiarowe

Stok II — ogólna charakterystyka. Stok II ma wystawę północno-zachodnią (ryc.13). Długość jego wynosi około 240 m, a różnica wysokości między korytem Czarnej Wody a wierzchołką wynosi około 130 m. Górna część stoku ma formę wypukłą. Na długości około 70 m nachylenia stopniowo wzrastają od 0 do 22°. Część środkowa około



Ryc. 13. Profil stoku II

1 — reper podstawowy, 2 — repery pomocnicze, 3 — kółki pomiarowe

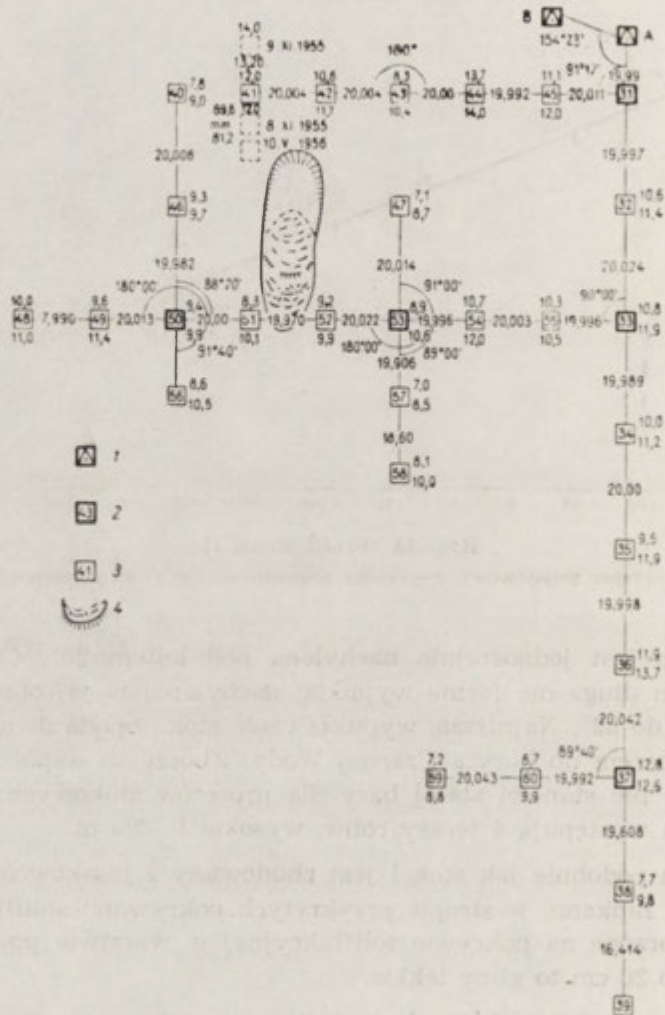
50 m długa jest jednostajnie nachylona pod kątem 20°. Część dolna około 100 m długa ma formę wypukłą; nachylenia w jej obrębie wzrastają od 22 do 32°. Najniższa, wypukła część stoku opada dwudziestometrowym zboczem do koryta Czarnej Wody. Zbocze to jednocześnie jest podcinane i nie stanowi stałej bazy dla procesów stokowych. W dolnej części stoku występują 4 terasy rolne, wysokie 1—2,3 m.

Stok ten podobnie jak stok I jest zbudowany z piaskowców, poprzegradzanych łupkami, w stropie przykrytych pokrywami soliflukcyjnymi. Gleby utworzone na pokrywie soliflukcyjnej w warstwie powierzchniowej od 0 do 20 cm to gliny lekkie.

W okresie badań stok ten był użytkowany jako pastwisko dla owiec i bydła.

Punkty pomiarowe. Na stoku II wbiliśmy 30 kółków, rozmieszczając je podobnie jak na stoku I (ryc.14). Z repery podstawowego, osadzonego na wierzchołku na wychodni litej skały, biegnie linia prosta w dół stoku. Na tej prostej co 20 m znajdują się repery pomocnicze

i kołki pomiarowe. Z reperów pomocniczych położonych na prostej podstawowej biorą początek proste poprzeczne, na których również znajdują się kołki pomiarowe. Kołki 31—40 oraz 42—60 wbito w glebę nie wykazującą zewnętrznych cech spełzywania ani nadmiernej wilgoci. Kołek 41 wbito w obrębie niewielkiej młaki.



Ryc. 14. Rozmieszczenie kołków na stoku II

Dokumentacja wyjściowa z 16 V 1955 r.: a) kątów, b) odległości między poszczególnymi kołkami (m), c) wysokości kołków nad powierzchnią gleby (mierzone od strony kąta ostrego i rozwartego w cm)

1 — repery podstawowe, 2 — repery pomocnicze, 3 — kołki pomiarowe, 4 — zerwa

Pomiary — częstość wykonywania i wyniki. Dany kontrolnych pomiarów podano w tabeli 16. Pomiary kontrolne kątów i odległości (ryc.14) wykonane 8 XI 1955 r. wykazały, że z 30 kołków wbitych w glebę tylko kołek 41 zmienił położenie, przesuając się o

Tabela 16

Daty kontrolnych pomiarów na założonych reperach — stok II

Data założenia kołków	Daty kontrolnych pomiarów						
	1955		1956		1957		1958
16 V 1955	8 XI	10 V	29 X	13 V	26 XI	18 V	20 XI

69,61 mm w dół. Prócz zmiany w poziomym położeniu kołka 41 zanotowano także podwyższenie się jego o 16 mm (ryc. 14). Pozostałe kołki nie zmieniły wyjściowego położenia określonego 16 V 1955 r. Zanotowałem tylko, że na powierzchni stoku między dwoma poprzecznymi ciągami kołków utworzyła się około 15 VIII 1955 r. mała zerwa ziemna (ryc. 14). Długość jej wynosiła 20 m, szerokość 6 m, a głębokość 0,8 m. W obrębie zerwy wyróżniała się nisza kształtu muszlowego 11 m długa, 6 m szeroka i 0,8 m głęboka. Poniżej niszy znajdował się język 9 m długi i 7 m szeroki. Język leżał bezpośrednio na darni niezaburzonego stoku, a jego czoło przekraczało o około 1 m linię prostą biegnącą między kołkami 51 a 52. Objętość przemieszczonej zwietrzliny wynosiła około 30 m³, a wielkość przesunięcia w dół około 11 m.

W 1956 r. 15 kołków uległo zniszczeniu. Z nie zniszczonych 15 kołków tylko 10 można było pomierzyć i odnieść do stałych reperów. Pomiary kontrolne wykonane na wiosnę i na jesieni w tym roku wykazały, że nie zniszczone kołki nie zmieniły wyjściowego położenia z wyjątkiem kołka 41, który uległ przesunięciu o dalsze 11,6 mm.

W 1957 r. uległy zniszczeniu dalsze 3 kołki, a ilość możliwych do określenia zmalała do sześciu. Pomiary kontrolne wykonane na wiosnę i na jesieni 1957 r. oraz na wiosnę 1958 r. nie wykazały żadnych zmian w położeniu kołków. W okresie od wiosny do jesieni 1958 r. wszystkie kołki możliwe do określenia zostały zniszczone.

Wnioski. Trzyletnie pomiary (15 V 1955 — 14 V 1958 r.) wykonane na stokach I i II wykazały, że proces spęływania zachodził tylko w miejscach, które — przeważnie w ciągu całego roku — były silnie wilgotne i miały stały dopływ wody gruntowej. Wielkość przesunięć w tych miejscach w 1955 r. wynosiła około 11 i 70 mm, a w latach 1956 i 1957 około 3 i 12 mm. Natomiast w miejscach, które nie wykazywały cech nadmiernej wilgoci, przemieszczeń nie stwierdzono. Ponieważ na bada-

nych stokach powierzchni silnie wilgotne stanowią zaledwie 2% ogólnej powierzchni, proces spełzywania nie odgrywa większej roli w modelowaniu stoków.

W literaturze geomorfologicznej proces spełzywania rozumiany jako powolny ruch całej warstwy zwietrzelinowej w dół stoku jest powszechnie przyjmowany i w klimacie umiarkowanym wielu badaczy (P e n c k, G ö t z i n g e r, B i r o t, K i n g) przypisuje temu procesowi główną rolę w przeobrażaniu form stokowych.

W przeprowadzonych badaniach na stoku I i II takiego ruchu nie stwierdziłem. Okres pomiarów jest jednak za krótki i nie uprawnia do zupełnego zaprzeczenia istnienia tego procesu. Pozwala natomiast przyjąć, że nie jest to proces powszechny, a tym samym nie może mieć dużego znaczenia w modelowaniu stoków w warunkach klimatycznych występujących w Polsce. Proces ten i jego rola w opisywanych warunkach środowiskowych wiążą się raczej ze strukturą niż z klimatem. Występuje on tylko w miejscach nieprzepuszczalnych, silnie wilgotnych, które mają stały dopływ wód gruntowych.

OSIADANIE I OSUWANIE

Badania nad procesami osiadania i osuwania prowadziłem na całym obszarze w obrębie obu zlewni. Dużymi osuwiskami nie zajmowałem się. Uwagę skoncentrowałem na małych zerwach i zsuwach ziemnych często występujących na tym obszarze.

Badania polegały na rejestracji wszystkich nowo powstałych zerw i zsuwów, określeniu kubatury przemieszczonych mas oraz rozmiarów ich przesunięcia w dół stoku. Obok ogólnej rejestracji wszystkich zerw i zsuwów, w obrębie jednego zsuwu prowadziłem stacjonarne pomiary nad szybkością dalszego jego rozwoju.

Rejestrację nowo powstałych form grawitacyjnych prowadziłem przez cały okres badań, tj. od jesieni 1955 r. do jesieni 1959 r., a badania nad rozwojem płytkiego zsuwu od 19 VIII 1955 do 3 VIII 1959 r.

Przy określaniu kubatury mas ziemnych i wielkości ich przesunięcia w dół stoku posługiwałem się taśmą metalową, ręcznym niwelatorkiem oraz altymetrem Paulina. Przy badaniu szybkości rozwoju płytkiego zsuwu zastosowałem taką samą metodę jak w badaniach procesu spełzywania.

Obserwacje zerw i zsuwów

W dorzeczu Białej Wody — na stokach o charakterystycznym mikroreliefie teras rolnych — na powierzchni 1 km² wiosną 1956 r. zarejestrowałem 33 małe zerwy i zsuwy. Łączna powierzchnia zajęta przez te formy wynosiła 500 m². Zerwy i zsuwy występowały w obrębie stromych

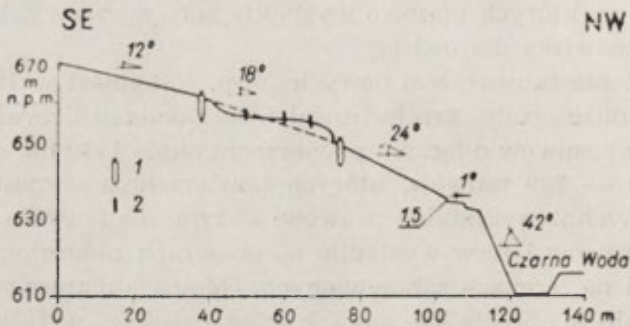
skarp teras rolnych. Materiał z większości zsuwów został osadzony u podnóży stromych skarp na powierzchniach niższych teras rolnych. Natomiast materiał pięciu zsuwów powędrował 30—70 m w dół, pokonując po drodze kilka stopni teras rolnych. 80% materiału z tych zsuwów zatrzymało się na przebytej drodze, a tylko 20% uległo przemieszczeniu ku dołowi na odległość 30—70 m. Kubatura materiału przemieszczonego przez 33 zerwy i zsuwy wynosiła około 280 m³. Należy zaznaczyć, że terasy rolne, na których masowo wystąpiły zerwy i zsuwy, były użytkowane jako pastwiska dla owiec.

W 1957 r. nie zauważyłem nowych form. Natomiast w 1958 r., który obfitował w duże opady, zarejestrowałem w dorzeczu Czarnej Wody 116 małych zerw i zsuwów o łącznej powierzchni około 1420 m², a w dorzeczu Białej Wody — 239 zsuwów, których powierzchnia wynosiła 2880 m². Suma powierzchni wszystkich zsuwów w tym roku wynosiła 4300 m². Około 70% zsuwów i zerw wystąpiło na obszarach zadarnionych, a około 30% w lesie i na terenach zakrzewionych. Ogólna kubatura przemieszczonego materiału w obrębie 355 nowych zerw i zsuwów w 1958 r. wynosiła 7097 m³. Z ogólnej ilości zsuwów 250 znajdowało się w obrębie młodych wcięć dolinnych, zajmując powierzchnię około 2000 m², a 105 zsuwów w obrębie stoków o łącznej powierzchni 2300 m². Na terenach stromych zboczy przemieściły one 5273 m³ materiału, składając go w korytach dolin; w obrębie stoków przemieściły 1824 m³. Materiał glebowy na stokach został przemieszczony na odległość 5—128 m. W 15 przypadkach materiał spłynął do koryt potoków (około 230 m³), w 84 przypadkach osadził się na stokach w niewielkiej odległości od nisz (kubatura około 1557 m³), w 6 zaś — na terasach rzecznych u podnóży stoków (objętość około 37 m³).

Badania nad rozwojem płytkiego zsuwu

Badania prowadziłem na stoku III (mapa 3, ryc. 15) o wystawie północno-zachodniej, długim około 110 m i różnicy wysokości między wierzchołką a dnem doliny 60 m. Stok jest lekko wypukły. W części dolnej stok opada 22 metrowym zboczem do koryta Czarnej Wody. Wypukła forma stoku sprawia, że nachylenie wzrasta od wierzchołki do dna doliny. W odległości około 20 m od wododziału nachylenie stoku wynosi około 12°, w części środkowej 18°, w dolnej 24°. Strome zbocze nachylone pod kątem 42° współcześnie jest podcinane. W jego ścianie odsłaniają się warstwy drobnoziarnistego piaskowca, poprzegradzane cienkimi warstwami łupków. Wychodnie litej skały odsłonięte są do wysokości 20 m nad korytem Czarnej Wody. Nad nimi znajduje się 2 metrowa pokrywa gliniasto-gruzowa. Pokrywa ta w części spągowej

ma około 70% materiału gruzowego, który dłuższymi osiami jest skierowany w dół stoku. Ku górze procent ostrokrawędzistych piaskowców stopniowo maleje i w części stropowej wynosi do 20%. Gleba rozwinięta w stropowej części pokrywy pod względem składu mechanicznego należy do glin średnich zawierających do 50% cząstek spławialnych. Stok ten w okresie badań był użytkowany jako pastwisko.



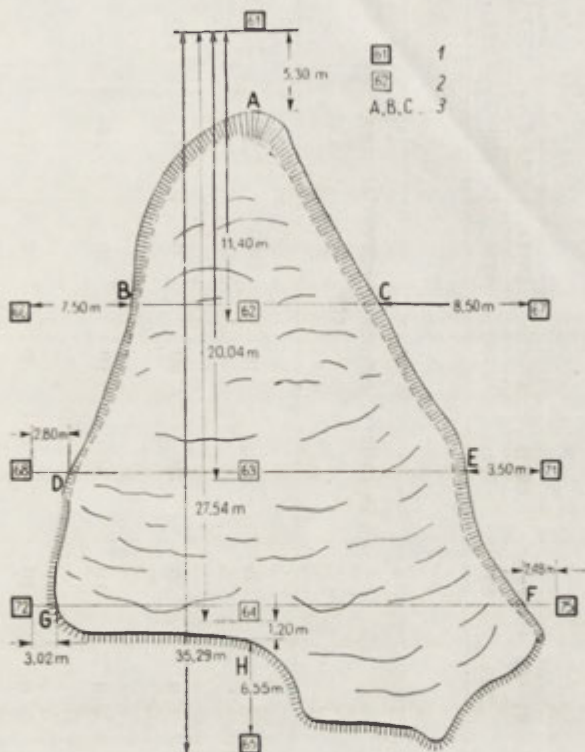
Ryc. 15. Rozwój płytkiego zsuwu — profil stoku III
1 — punkty odniesienia, 2 — punkty pomiarowe

18 VIII 1955 r. zauważyłem, że w środkowej części omawianego stoku zarysowała się półkolistą szczelina.

19 VIII tego roku w miejscu tym powstał już wyraźny płytki zsuw z dobrze wykształconymi elementami. W odległości około 40 m od wododziału, przy nachyleniu 18° , powstała nisza kształtem zbliżona do trójkąta. Długość niszy wynosiła około 16 m, a szerokość jej w najniższym przekroju około 20 m. Nisza miała formę muszlową, a jej głębokość w górnej części wynosiła 125 cm. W części dolnej malała i kończyła się w odległości około 16 m od tylnej krawędzi. Od tego miejsca na długości około 12 m i szerokości 23 m część materiału pochodzącego z niszy uległa spiętrzeniu i utworzyła wypukły język. Największą wysokość 150 cm miało czoło języka. W górę stoku miąższość języka malała, a jego powierzchnia przechodziła w niszę, stanowiąc jej dno. Osunięty materiał był pocięty gęstą siecią szczelin. Kubatura przemieszczonego materiału wynosiła około 150 m^3 , a wielkość przesunięcia w ciągu nocy z 18 na 19 VIII 1955 r. wynosiła około 6 m.

Dla określenia szybkości dalszego przesuwania się mas zwietrzeli-nowych w nowo powstałym zsuwie, w dniu 19 VIII 1955 r. założyłem w jego obrębie 11 kołków (ryc. 16). W osi zsuwu w różnych odległościach od tylnej krawędzi wbiłem 3 kołki, a na obrzeżeniu zsuwu 8 kołków. Kołki w obrębie zsuwu wbito w miejscu przecięcia się dwóch prostych prostopadłych, wyznaczonych przez 4 punkty odniesienia. Odległość

między górnym punktem odniesienia a kołkami w obrębie zsuwu określiłem za pomocą metalowej taśmy z dynamometrem. Również dokładnie określiłem odległość między bocznymi punktami odniesienia a krawędzią niszy. Rozmiary i kierunki przemieszczeń określono na podstawie zmian w położeniu kołków w stosunku do ich wyjściowego położenia. Pomiarów kontrolnych wykonywałem przez 4 lata. W tabeli 17 podano wyniki otrzymanych pomiarów.



Ryc. 16. Plan zsuwu i rozmieszczenie kołków (dokumentacja wyjściowa z 19 VIII 1955 r.)

1 — punkty odniesienia, 2 — punkty pomiarowe, 3 — A, B, C — punkty pomiarów cofania się krawędzi

Z tabeli tej wynika, że za okres 4 lat wielkość przesunięcia się mas zwietrzelinowych w górnej części zsuwu wynosiła 90 cm, w środkowej 20 cm, a w dolnej 60 cm. Dziewięćdziesięciocentymetrowe przesunięcie w górnym odcinku zsuwu, a tylko 20 cm w odcinku środkowym sprawiło, że powstało w nim 50 centymetrowe nabrzmienie. Odcinek dolny uległ niewielkiemu wydłużeniu i spłaszczeniu. Na tej podstawie można wnosić, że w podłożu środkowej części zsuwu znajduje się jakaś przeszkoda, prawdopodobnie ławica odporniejszego i płytko leżącego pias-

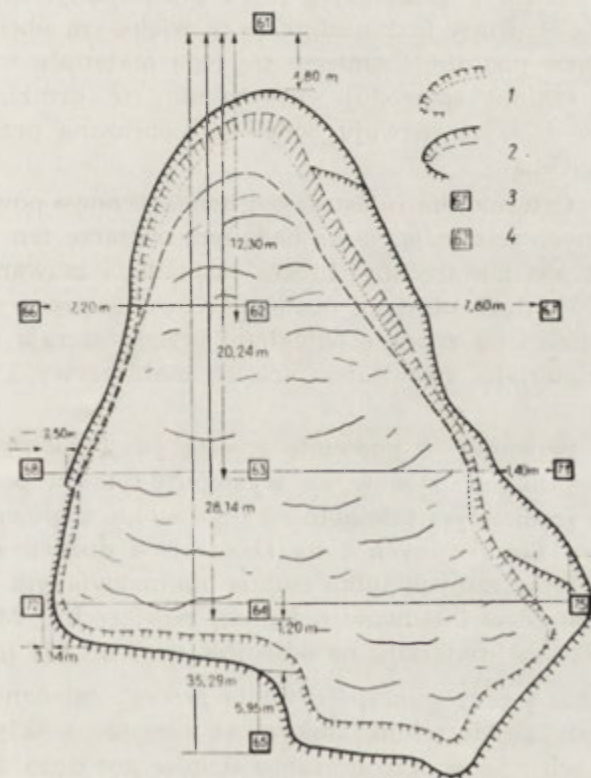
Rozmiary przemieszczeń materiału zwietrzelinowego w obrębie płytkiego zsuwu w latach 1955—1959

Stan wyjściowy z 19 VIII 1955 r.	Odległość między poszczególnymi kołkami cm				Odległość między kołkami a krawędzią niszy w punktach A, B, C, D, E, F cm						Odległość między kołkami a czołem zsuwu w punktach G, H cm	
	61—62	61—63	61—64	61—65	61-A	66-B	67-C	68-D	71-E	75-F	72-G	65-H
	1140	2004	2754	2529	530	750	850	280	350	248	302	655
Pomiary kontrolne	Rozmiary przesunięcia kołków cm				Rozmiary cofnięcia krawędzi niszy cm						Rozmiary nasunięcia czoła języka cm	
11.XI. 1955	55	10	0	0	0	0	10	0	20	8	2	0
9.X. 1956	5	0	29	0	30	20	50	0	147	270	20	29
27.VIII. 1957	14	6	15	0	10	10	10	20	24	—	10	15
10.X. 1958	16	0	14	0	10	0	0	7	12	—	0	14
3.VIII. 1959	0	4	2	0	0	0	0	3	7	—	0	2
Razem za okres 4 lat	90	20	60	0	50	30	70	30	210	278	32	60

kowca, która podpira i utrudnia swobodne zsuwanie się mas w dół stoku.

Liczby podane w tabeli 17 wskazują, że rozmiary przesunięć w poszczególnych latach są różne. Również rozmiary ruchu w tym samym czasie, ale w różnych częściach zsuwu są inne. Na przykład w 1955 r. (od 19 VIII do 11 XI) górna część zsuwu (kołek 62) przesunęła się o 55 cm, środkowa (kołek 63) tylko o 10 cm, a dolna (kołek 64) w ogóle się nie poruszyła. Inny przebieg miał ruch w 1956 r. (od 1 XI 1955 do 9 X 1956 r.), wtedy górny odcinek przesunął się o 5 cm, środkowy w ogóle się nie poruszył, a dolny przesunął się o 29 cm. Wartości te wskazują, jak bardzo skomplikowana jest mechanika ruchu osuwających się mas.

W okresie 4 lat powolny i skomplikowany ruch mas w dół stoku w obrębie zsuwu nie spowodował większych zmian w jego wyglądzie. W tym okresie na odcinku środkowym zsuwu powstało niewielkie nabr-



Ryc. 17. Rozwój płytkiego zsuwu — wielkość zmian w okresie 1955—1959 r.

1 — stan z 19 VIII 1955 r., 2 — stan z 3 VIII 1959 r., 3 — punkty odniesienia 4 — punkty pomiarowe

mienie i język w punkcie H zwiększył swoją długość o 60 cm, a w punkcie F o 32 cm. W tym samym czasie tylna ściana niszy cofnęła się o 50 cm, a boczne krawędzie niszy od 30 do 278 cm (ryc. 17).

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów można ocenić czas utworzenia się omawianego zsuwu na 12 godzin, w ciągu których materiał w obrębie zsuwu uległ przesunięciu o 6 m w dół, a na stoku powstała niewielka nisza i język. Po 12 godzinach tarcie o podłoże przewyciężyło działanie siły ciężkości zsuwających się mas i ruch został zahamowany. Dalsze przemieszczanie materiału w dół stoku w ciągu 4 lat wyniosło zaledwie 60 cm. Jednocześnie dzięki obrywaniu i cofnięciu się krawędzi niszy jej powierzchnia powiększyła się o około 10 m².

Niewielkie przesunięcie materiału w dół w ciągu 4 lat, utworzenie w środkowej części zsuwu małego nabrzmienia utrudniającego swobodny odpływ wód ze stoku oraz złagodzenie krawędzi niszy i powiększenie dopływu wód wskazują na zwiększenie się potencjalnych możliwości na dalszy ruch w dół. Ruch taki nastąpi przy większym obciążeniu, które przewycięży opór podłoża. Zsuniecie się tego materiału w dół na tym stoku przypuszczalnie spowoduje utworzenie się krótkiej i płytkiej rynny, która w dalszym rozwoju będzie przeobrażana przez splukiwanie i erozję wgłębną.

W n i o s k i. Czteroletnia rejestracja i pomiary nowo powstałych zerw i zsuwów ziemnych wskazują, że na badanym obszarze ten typ procesów grawitacyjnych jest powszechny. Proces osiadania i zsuwania jest czynny szczególnie w latach obfitych opadów. Wówczas procesy te zachodzą na stokach szybko i na znaczne odległości przemieszczają setki metrów sześciennych materiału. Rezultatem ich są małe zerwy i płytkie osuwiska.

Osiadanie i zsuwanie — podobnie zresztą jak i spelzywanie — nie zachodzi na całej długości stoków, ale występuje tylko w pewnych punktach, zwykle w środkowym i dolnym odcinku stoku, a głównie w obrębie stromych zboczy teras rolnych i na zboczach o dużych nachyleniach. W 1958 r. w obrębie samych tylko stoków na omawianym terenie powstało 105 małych zerw i zsuwów o łącznej powierzchni 2300 m², które przemieściły 1824 m³ materiału na odległość od 5 do 128 m.

W porównaniu z procesem spelzywania procesy osiadania i zsuwania obejmują większe powierzchnie stoków, są częstsze i aktywniejsze. W związku z tym ich rola w przeobrażaniu stoków jest duża. Procesy te — obok szybkiego przemieszczania dużych ilości materiału na znaczną odległość w dół stoku — tworzą w jego obrębie małe wyrwy, które cofając się w górę i na boki, rozczłonkowują i obniżają starsze, wyrównane powierzchnie stoków.

PRZEMIESZCZANIE GLEBY PRZEZ LÓD WŁÓKNISTY

Badania nad przemieszczaniem gleby przez lód włóknisty prowadziłem głównie na krecich kopcach. Do określenia rozmiarów przemieszczeń posłużyłem się szpilkami geodezyjnymi i stalowym drutem. Do dwóch szpilek geodezyjnych przywiązywałem drut 50—100 cm długości, następnie szpilki wbijałem głęboko w glebę. Ważne było mocne napięcie drutu między szpilkami, gdyż wyznaczał on stałą linię, do której odnosiłem późniejsze pomiary. Powierzchnię powyżej drutu posypywałem materiałem różniącym się od podłoża lub układałem na niej kilka patyczków. Końce patyczków znajdowały się na linii wyciągniętego drutu. Rano obserwowałem przebieg tajania igieł lodowych; po ich stopieniu na całej długości drutu określałem rozmiary przemieszczenia gleby [24].

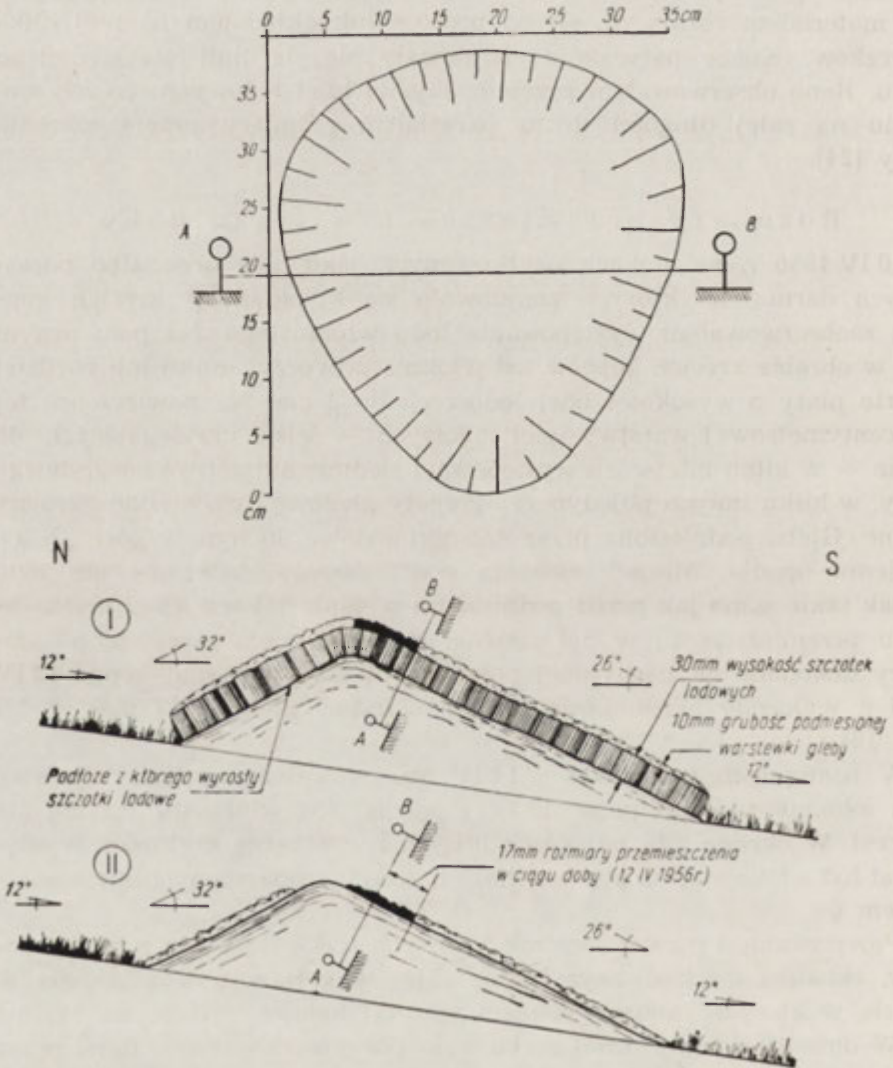
Rozmiary przemieszczeń w ciągu doby

10 IV 1956 r. na stokach użytkowanych jako pola orne albo porośniętych darnią, na których znajdowało się kilkadziesiąt krecich kopców, zaobserwowałem występowanie lodu włóknistego. Na polu ornym oraz w obrębie krecich kopców lód włóknisty tworzył mniej lub bardziej zwarte płyty o wysokości igieł lodowych do 3 cm. Na powierzchni tej trzycentymetrowej warstwy igieł lodowych — ściśle przylegających do siebie — w kilku miejscach występowała siedmiomilimetrowa warstewka gleby, w kilku innych pojedyncze agregaty glebowe i niewielkie okruchy skalne. Gleba podniesiona przez szczotki lodowe 30 mm w górę po ich stopieniu opadła. Miejsce złożenia podniesionego materiału nie było jednak takie samo jak przed podniesieniem. Materiał ten uległ nieznacznemu przemieszczeniu w dół zgodnie z nachyleniem powierzchni. Pomiary dokonane na nachylonej powierzchni (26°) kreciego kopca 12 IV 1956 r. wykazały przesunięcie 10 mm warstwy gleby o 17 mm w dół (ryc. 18).

W następnych dniach 13 i 14 IV obserwowałem również wykwit lodu włóknistego. Natomiast 15 IV i później lód włóknisty już się nie tworzył. W okresie gdy na polach ornym i w obrębie kretowisk występował lód włóknisty, na powierzchniach zwarcie zadarnionych nie stwierdzałem go.

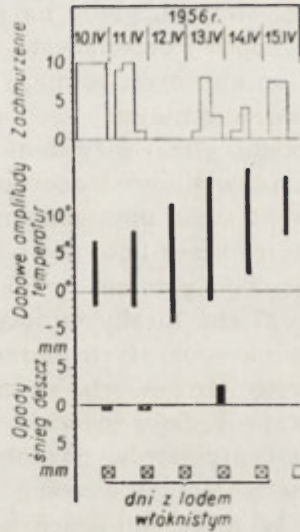
Powstawanie i rozwój szczotek lodowych ściśle się wiąże z typem pogody, składem mechanicznym gleby i jej wilgotnością. Typ pogody w dniach, w których zaobserwowałem szczotki lodowe, podano na rycinie 19. W dniu 10 IV cały dzień niebo było pokryte chmurami. Rano przez pół godziny padał śnieg z deszczem (0,7 mm opadu). Temperatura gleby i powietrza przez cały dzień wynosiła +5°C. Pod wieczór powierzchnia 1 cm warstwa gleby była lekko przeschnięta. Poniżej 1 cm była

wyraźnie wilgotniejsza. W nocy z 10 na 11 IV temperatura spadła do -2°C . Rano na stromych, pozbawionych roślinności ścianach wcięć drogowych, na zboczach młodych nacięć erozyjnych, na polach ornych i krecich kopcach występowały wykwitły lodu włóknistego. Podobna pogoda kształtowała się od 11 do 14 IV; w tych dniach rano również występowały szczotki lodowe. W nocy z 14 na 15 IV temperatura powierzchni gleby nie spadła poniżej 0°C i w dniu 15 IV szczotek lodowych nie stwierdzono.



Ryc. 18. Plan kreciego kopca z zaznaczonymi miejscami pomiaru i przekroje podłużne I — przekrój ze szczotkami lodu włóknistego w dniu 12 IV 1956 r. o godzinie 7, II — po stopieniu szczotek lodowych o godzinie 10

Ryc. 19. Stany pogody dni, w których obserwowano wykwyty lodu włóknistego w Jaworkach koło Szczawnicy



Częstotliwość występowania szczotek lodowych w ciągu roku

Przemieszczenie 1 cm warstewki gleby na odległość 17 mm w dół stoku w ciągu 1 doby w zestawieniu z częstotliwością tego procesu w ciągu roku pozwala sądzić, że współcześnie proces ten gra ważną rolę w przemieszczaniu materiału glebowego.

Tabela 18 wskazuje, że częstotliwość powstawania i zanikania szczotek lodowych waha się od 50 do 89 dni w ciągu roku. Mnożąc ilość dni z lodem włóknistym przez wielkość przesunięcia gleby w ciągu doby, otrzymamy rozmiary przemieszczania jej w ciągu roku. Na podstawie jednorazowych pomiarów wykonanych głównie na kretowiskach trudno podać taką cyfrę, którą można by odnieść do stoków uprawianych rol-

Tabela 18

Ilość dni z warunkami termicznymi sprzyjającymi tworzeniu się lodu włóknistego w latach 1955—1959

Lata	Miesiące													Ogółem
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1955/56	—	4	4	10	11	—	5	17	—	—	—	—	51	
1956/57	1	12	8	7	18	15	9	16	3	—	—	—	89	
1957/58	5	9	11	—	—	7	2	18	1	—	—	—	53	
1958/59	1	5	10	1	1	—	20	10	2	—	—	—	50	

nico. Przemieszczaniu gleby na kretowiskach sprzyjało 26° nachylenia powierzchni kopca i orzechowata struktura gleby. Ponieważ warunki te na stokach uprawianych rolniczo są nieco inne (mniejsze spadki, agregaty glebowe o mniejszej średnicy), wielkość przemieszczania będzie prawdopodobnie kilka razy mniejsza. Nie popełnię większego błędu, przyjmując, że wielkość jednorazowego przesunięcia podniesionej warstewki gleby na stoku uprawianym rolniczo będzie wynosiła około 3 mm. Mnożąc tę cyfrę przez ilość dni z lodem włóknistym w roku, otrzymamy wielkość rocznego przemieszczenia, która dla poszczególnych lat waha się od 15 do 27 cm. Liczby te dotyczą tylko słabo i średnio nachylonych powierzchni nie pokrytych darnią. Natomiast na stromych ścianach głębokich wcięć drogowych, stromych zboczach młodych dolin erozyjnych liczba ta będzie znacznie większa i wyniesie kilkanaście lub kilkadziesiąt centymetrów na dobę. Zjawisko to wielokrotnie obserwowałem późną jesienią i wczesną wiosną na gliniastych ścianach wcięć drogowych. W kilku miejscach zaobserwowałem, że gleba podniesiona przez kilkucentymetrowe igły lodowe stoczyła się aż do stóp stromej ściany. W takim przypadku wielkość przemieszczenia w ciągu doby wynosiła ponad 2 metry.

Na obszarach zadarnionych nie stwierdziłem wykwitów lodu włóknistego. Na tej podstawie można sądzić, że przemieszczanie gleby przez lód włóknisty na stokach zadarnionych nie zachodzi lub jest bardzo małe, a tym samym nie odgrywa większej roli w ich modelowaniu.

Należy zaznaczyć, że mechaniczne obliczenie termicznych możliwości występowania szczotek lodowych na podstawie meteorologicznych zestawień może odbiegać od faktycznej ilości takich dni. Do powstawania szczotek lodowych, obok temperatur dodatnich w dzień i ujemnych w nocy, konieczny jest odpowiedni skład mechaniczny gleby oraz ściśle określona jej wilgotność w powierzchniowej i podpowierzchniowej warstwie. Nadmierna wilgotność całej warstwy gleby prowadzi do zamarznięcia litego, w którym wszystkie przestworki glebowe są wypełnione lodem. Natomiast nadmierne przesuszenie prowadzi do zamarznięcia porowatego, w którym tylko niektóre przestworki glebowe wypełnia lód, a większość jest pusta. Dla typowego rozwoju szczotek lodowych konieczna jest suchsza warstwa powierzchniowa — około 5—10 mm gruba, podścielona warstwą wilgotniejszą. Na kontakcie tych warstw powstają szczotki lodowe. Obok temperatury i wilgotności o powstaniu szczotek decyduje również skład mechaniczny gleby. W czystych piaskach lub w piaskach z niewielką domieszką cząstek ilastych szczotki lodowe się nie tworzą. Natomiast w glebach drobnoziarnistych — zawierających ponad 25% cząstek spławialnych — przy odpowiednich temperaturach i wilgotności następuje silny ich rozwój.

Wnioski. Obserwacje w najbliższym otoczeniu Jaworek wykazały, że lód włóknisty jest częstym zjawiskiem na powierzchniach nie pokrytych roślinnością. Na takich powierzchniach kilkumilimetrowa warstewka gleby lub okruchów skalnych przy sprzyjających warunkach w ciągu jednej doby ulega grawitacyjnemu przemieszczeniu w dół stoku na około 3 mm. Wielkość ta w zestawieniu z częstotliwością powstawania i zanikania szczotek lodowych w ciągu roku lub kilku lat pozwala określić aktywność i wydajność tego procesu.

Częstotliwość sprzyjających warunków do powstawania i zanikania lodu włóknistego dla obszaru Jaworek za lata 1955—1959 obliczono na podstawie szczegółowej analizy danych meteorologicznych. Dla tego okresu waha się ona w granicach od 50 dni w 1958/1959 r. do 89 dni w 1956/1957 r. (tab. 18). Liczby te pomnożone przez wielkość jednodobowego przemieszczenia określają rozmiary przemieszczenia rocznego. Dla wymienionych dwóch lat rozmiary przemieszczenia powierzchniowej warstewki gleby w dół stoku wyniosą odpowiednio 15 i 27 cm, a dla czterech lat (1955—1959) około 73 cm. Wielkości te wskazują na dużą wydajność procesu przemieszczania gleby przez lód włóknisty. Efektem jest kilkumilimetrowe obniżenie górnych części stoków w ciągu jednego roku, a w przypadku stromych ścian, wcięć drogowych i młodych dolinek — cofnięcie się ich o kilka centymetrów.

Lód włóknisty obok efektywnego przemieszczania gleby w dół stoków gra również ważną rolę w przygotowaniu dogodnych warunków dla rozwoju innego procesu. Przede wszystkim rozsadza i niszczy większe agregaty glebowe, rozdrabniając je. Wydzielanie się lodu i rozrost igieł lodowych powoduje kapilarny ruch wody skierowany ku górze. W następstwie takiej cyrkulacji powierzchniowa warstewka gleby po stopieniu się igieł lodowych jest silnie przepojona wodą, warstwy zaś niżej leżące są znacznie mniej wilgotne. Jeśli na taką glebę spadnie niewielki deszcz, woda deszczowa natychmiast spływa po stoku. Dzieje się to dlatego, że gleba jeszcze przed opadem deszczu była już nasycona wodą i nie może wchłonąć nowej ilości wody. Spływająca woda rozmywa i unosi rozluźnione cząsteczki i agregaty glebowe. W takich warunkach ilość odprowadzonego materiału ze stoków jest znaczna, w pewnych przypadkach może przekroczyć wielkości spływu po letnich burzach.

WSPÓŁCZESNY ROZWÓJ STOKÓW W DORZECZU GÓRNEGO GRAJCARKA

Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajcarka jest dalszym ciągiem rozwoju form odziedziczonych po ostatniej morfogenezie peryglacialnej i przebiega w kierunku przystosowania tych form do

nowych warunków środowiskowych. O typie i tempie współczesnego przekształcania i przystosowywania form starszych do nowych warunków decyduje dzisiejsze zróżnicowanie elementów środowiska geograficznego. Na podstawie szczegółowego zdjęcia geomorfologicznego stwierdziłem, że w holocenie doliny w dorzeczu Grajcarka uległy odmłodzeniu. Na badanym obszarze (23 km²) długość dolin peryglacjalnych wynosiła 76,8 km. W holocenie silnemu odmłodzeniu uległo 79% starszych den dolinnych (mapa 3, tab. 1). Odmłodzenie V-kształtnymi lub skrzynkowymi dolinkami peryglacjalnych den dolinnych na głębokości 5—20 m (przeciętnie 8 m), spowodowało powstanie stromych zboczy i zachwianie równowagi mas w najbliższym ich sąsiedztwie. Przyjmując, że okres holocenu trwa 10 000 lat, przeciętna szybkość rocznego pogłębiania den dolinnych będzie się wahała w granicach 0,5—2 mm/rok.

Holocenijskie odmłodzenie, sprzyjająca budowa geologiczna (miększe i porowate pokrywy soliflukcyjne na stokach) oraz zmiana typu krążenia wód z powierzchniowego na podziemny, stworzyły na stokach dogodne warunki dla rozwoju grawitacyjnego ruchu mas typu osuwisk i zerw. Z ogólnej powierzchni stoków, która na badanym obszarze wynosi 21,6 km², przez holocenijskie osuwiska i zerwy silnemu przekształceniu uległo 13,6% (2,95 km²). W obrębie wyrównanych stoków o kształtach prostych lub wypukłych powstały niszowate obniżenia, krawędzie, rynny i nabrzemia. W tych miejscach wyrównane profile stoków przybrały formy bardziej złożone.

W obrębie stromych zboczy wcięć holocenijskich procesy odpadania, osuwania i osiadania prowadzą do poszerzenia dolin przez boczne cofanie. Odległość górnych załomów wcięć holocenijskich wynosi przeciętnie 10 m. Przeliczając tę liczbę na okres całego holocenu, otrzymujemy średnią roczną szybkość bocznego cofania dwóch zboczy holocenijskich. Wynosi ona przypuszczalnie 0,5 mm/rok dla jednego zbocza.

Sukcesywne cofanie stromych zboczy holocenijskich doprowadza do likwidacji wypukłego załomu między holocenijskim zboczem a starszym stokiem. W ten sposób następuje zwiększenie długości stoku i wzrost stromizny w części dolnej.

W obrębie starszych stoków procesy osuwania i osiadania są procesami bardzo powszechnymi. Nie obejmują one całej powierzchni, lecz występują raczej punktowo na stromych stokach w dolnych i środkowych ich częściach. Rezultatem tych procesów są niszowate i podłużne wyrwy, które ukierunkowują dalsze modelowanie stoków (ryc. 15, 17). Formy te w dalszym rozwoju, cofając się wstecz i na boki, rozczłonkują i obniżają już wyrównane powierzchnie stoków. Tempo aktualnego cofania się stromych ścian nisz osuwiskowych wynosi 30—278 cm/rok (tab. 17).

Procesy osuwania i osiadania nie są ciągłe. Bywają okresy dużej, nieraz i katastrofalnej aktywności w latach mokrych — obfitych w opady oraz okresy spokoju w latach umiarkowanie suchych i suchych.

W 1956 r. na 1 km² pastwisk powstały 33 małe zerwy i zsuwy o łącznej powierzchni około 500 m². Kubatura przemieszczonego materiału wynosiła 280 m³, a odległość przemieszczenia od kilku do 70 m.

W 1958 r. po dużych opadach deszczu w obrębie obu badanych zlewni (powierzchnia 23 km²) powstało 355 małych zerw i zsuwów. Łączna powierzchnia zajęta przez te formy wynosiła około 4300 m². Proces osuwania i osiadania przemieścił wtedy 7079 m³ materiału soliflukcyjno-zwierzelinowego na odległość 5—128 m. 2/3 zerw i zsuwów znajdowało się w obrębie stromych zboczy wcięć holocenijskich, zajmując powierzchnię 2000 m², a 1/3 — w obrębie starszych stoków, głównie na stromych skarpach teras rolnych o łącznej powierzchni 2300 m². W niektórych miejscach górny załom wcięć holocenijskich przesunął się o kilka metrów. Nie jest to jednak frontalne cofanie całej powierzchni, a tylko niewielkich jej fragmentów. Prowadzi ono do powstania małych wyrw we wcięciach holocenijskich. Rozmiary aktualnego cofania zboczy holocenijskich za okres trzech lat mieszczą się w granicach 0—3 m.

Stoki nie objęte procesami typu osuwania i osiadania są modelowane przez spełzywanie i spłukiwanie. Proces spełzywania wiąże się z litologią i strukturą podłoża. Zachodzi na stokach o nieprzepuszczalnym i silnie wodami gruntowymi nawodnionym podłożu. Na badanym obszarze (23 km²) stoki takie, poza obszarami osuwisk, zajmują zaledwie 0,4 km². Rozmiary przemieszczeń przez spełzywanie na tych obszarach wynoszą 3—70 mm/rok. Mała powierzchnia i niewielkie przemieszczanie w ciągu roku pozwalają stwierdzić, że aktualnie proces spełzywania nie odgrywa dużej roli w modelowaniu stoków. Lokalnie proces ten prowadzi do degradacji stoków.

Znacznie większą powierzchnię, bo aż 18,25 km², zajmują stoki, których cechy zewnętrzne nie świadczą o aktualnym przekształcaniu tych form przez procesy grawitacyjne. Trzyletnie dokładne geodezyjne pomiary nie wykazały na nich procesu spełzywania. Zatem spłukiwanie jest głównym procesem modelującym je. Natężenie spłukiwania zależnie od klimatu, pokrywy roślinnej i formy stoku jest silnie zróżnicowane.

W warunkach klimatycznych występujących w Polsce zaznaczają się dwa okresy wzmożonej aktywności spłukiwania: okres zimowo-wiosenny i letnio-jesienny. Rola tych okresów w przemodelowywaniu stoków w poszczególnych latach jest różna, zależy od typu zimy i charakteru roztopów oraz od typu lata, ilości i gwałtowności opadów deszczowych. W latach o dużej ostrości i kontrastowości okresów zimowo-wiosennych

(mroźne i śnieżne o szybkich roztopach na zamrożonym podłożu), lecz z łagodnymi okresami letnio-jesiennymi (przeciętna ilość opadów dość równomiernie rozłożonych w czasie), większe znaczenie mają okresy zimowo-wiosenne niż letnio-jesiennie. Przykładem był rok 1955/1956, w którym rozmiary spłukiwania w okresie zimowo-wiosennym były sześciokrotnie większe niż w okresie letnio-jesiennym. Natomiast w latach o łagodnych okresach zimowo-wiosennych, a bardzo wilgotnych lub burzowych okresach letnio-jesiennych większy wpływ na przekształcanie stoków mają okresy letnio-jesiennie. Przykładem był rok 1957/1958, w którym rozmiary spłukiwania w okresie letnio-jesiennym były około dwukrotnie większe niż w okresie zimowo-wiosennym (tab. 8—11).

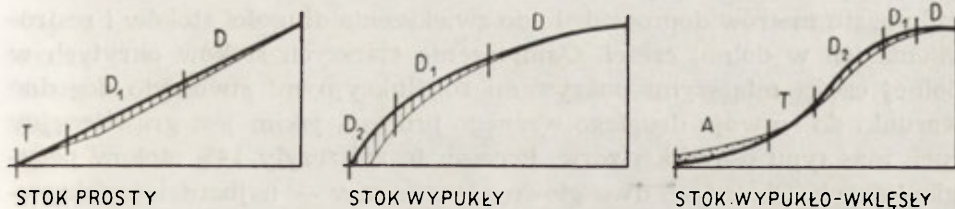
Obok czynników klimatu na natężenie spłukiwania wpływa typ pokrywy roślinnej, sposób uprawy i użytkowania gleby na stoku. Największe rozmiary tego procesu występują na stokach ornym bez trwałej roślinności. W ciągu jednego tylko okresu zimowo-wiosennego (1955/1956) na stoku ornym wody spłukały 3033 g materiału z 1 m² (ryc. 6). Natomiast na stokach o trwałej roślinności — na pastwiskach, łąkach i w lasach, rozmiary spłukiwania są kilka do kilkuset tysięcy razy mniejsze. I tak na stoku pastwiskowym w ciągu 1 roku przeciętnie zostało spłukane 4 g materiału z 1 m², ze stoku łąkowego w ciągu 1 roku 0,45 g materiału z 1 m², a ze stoku zalesionego w jednym okresie letnio-jesiennym 0,04 g materiału z 1 m² (ryc. 3—5, 7).

Stoki orne, uprawiane poprzecznie do nachylenia ulegają sterasowaniu. Terasy rolne nie chronią całkowicie gleby na stokach przed niszczącym działaniem spłukiwania, tylko różnicują natężenie tego procesu (ryc. 9, 10). Na stoku wypukło-wklęsłym, sterasowanym i podcinanym ogólne przemieszczenie gleby w okresie około 300 lat wynosiło 49,4 m³. Z tego tylko 17,3 m³ gleby zatrzymało się w obrębie stoku, tworząc pokrywy agradacyjne w obrębie teras rolnych. Reszta gleby (32,1 m³) została odprowadzona poza obręb stoku do koryta Białej Wody. W przeliczeniu na 1 rok wynosi to 428 g/m². Omawiany stok mimo utworzenia się mikroreliefu teras rolnych uległ obniżeniu. Wielkość średniego obniżenia w okresie 300 lat na odcinku wklęsłym wynosi 27 cm, a na wypukłym 14 cm (tab. 12, 13). Taki obraz zmian prowadzi do zestramiania odcinka wklęsłego.

Na natężenie spłukiwania obok klimatu, roślinności, sposobu zakładania pól i techniki ich uprawy wpływa również kształt stoku:

- 1) na jednostajnie nachylonym stoku rozmiary spłukiwania stopniowo wzrastają w górnej i środkowej części, natomiast w najniższej są mniejsze (ryc. 20),

- 2) na wypukłym natężenie spłukiwania stopniowo wzrasta od wierzchołki w dół stoku; największe rozmiary osiąga w części najniższej,
- 3) na wypukło-wklęsłym w części wypukłej spłukiwanie wzrasta, we wklęsłej stopniowo maleje.



Ryc. 20. Wpływ kształtu stoku na rozmiary spłukiwania (schemat)

D — odcinek stoku o małym spłukiwaniu, \bar{D} — o dużym spłukiwaniu, D_1 — o bardzo dużym spłukiwaniu, T — odcinek transportacji, A — odcinek akumulacji

Taki obraz natężenia rozmiarów spłukiwania jest właściwy dla stoków o mniej więcej jednolitej pokrywie roślinnej. Natomiast na stokach, których poszczególne części mają różny stopień pokrycia gleby przez roślinność lub są inaczej użytkowane (użytki zielone na przemian z polem zaoranym), natężenie spłukiwania jest zróżnicowane. Na przykład na stoku wypukło-wklęsłym w jego wypukłej części użytkowanej jako zielony ugor, a we wklęsłej jako pole orne, rozmiary spłukiwania osiągają największe wartości w górnej i środkowej części formy wklęsłej, natomiast na stoku o takim samym kształcie, ale jednolicie użytkowanym rozmiary spłukiwania są największe w dolnej części formy wypukłej, a we wklęsłej następuje agradacja.

Kierunek przekształcania stoków zależy też od położenia bazy denudacyjnej.

Stoki proste i wypukło-proste, których baza denudacyjna obniża się, są na odcinku dolnym wydłużane i zestramiane.

Stoki wypukłe o stałej bazie denudacyjnej ulegają niewielkiemu obniżaniu w części górnej, a wielokrotnie większemu w części dolnej. Taki obraz zmian prowadzi do jednoczesnego cofania i spłaszczania.

Stoki wypukło-wklęsłe w części wypukłej w jej strefie górnej ulegają niewielkiemu obniżaniu, natomiast w strefie dolnej obniżenie wielokrotnie się zwiększa. W części wklęsłej, w górnej strefie, następuje nieznaczne obniżanie, a w dolnej podnoszenie. Takie zmiany w poszczególnych częściach stoku prowadzą do jednoczesnego cofania i spłaszczania. Wypukło-wklęsła forma stoku przez długi okres zachowuje swój kształt; zmniejsza się tylko różnica wysokości między wierzchołką a częścią wklęsłą oraz proporcje między wypukłą a wklęsłą na korzyść części wklęsłej.

Sumując należy stwierdzić, że współczesne modelowanie stoków w dorzeczu górnego Grajcarka jest bardzo zróżnicowane. Głównym procesem wywierającym duży wpływ na jakość i kierunek współczesnego przekształcania starszych stoków jest erozja liniowa w dnach dolin. Rozcięcie wąskich den starych wciósów dolinkami holoceniowymi od kilku do kilkunastu metrów doprowadziło do zwiększenia długości stoków i zestromienia ich w dolnej części. Odmłodzenie starszych stoków okrytych w dolnej części miększymi pokrywami soliflukcyjnymi stworzyło dogodne warunki do rozwoju drugiego ważnego procesu, jakim jest grawitacyjny ruch mas typu osuwisk i zerw. Procesy te zniszczyły 14% stoków peryglacialnych. Obok tych dwu głównych procesów — najbardziej efektywnych dla współczesnego przekształcania stoków — dalsze miejsca zajmują: płytkie ruchy masowe, które przeważnie występują na stokach łąkowych i pastwiskowych, następnie spłukiwanie, o którego natężeniu decyduje typ pokrywy roślinnej i forma stoku, oraz ługowanie, spełzywanie i przemieszczanie gleby przez lód włóknisty. Procesy te w dążeniu do przekształcania stoków plejstoceniowych, okrytych pokrywami soliflukcyjnymi, silnie je przeobraziły jedynie na obszarach modelowanych przez osuwanie. Natomiast na obszarach modelowanych tylko przez spłukiwanie, ługowanie, spełzywanie i przemieszczanie przez lód włóknisty tylko na stokach oranych nastąpiło niewielkie obniżenie i sterasowanie ich powierzchni. Stoki pokryte trwałą roślinnością, jeżeli są modelowane tylko przez powierzchniowe spłukiwanie, ulegają minimalnym przeobrażeniom, tak że plejstoceniowa forma stoków pozostała w zasadzie nie zmieniona. Okres współczesny na takich stokach sprzyja infiltracji wód oraz wietrzeniu fizycznemu, a przede wszystkim procesom biochemicznym.

W literaturze o stokach toczy się dyskusja na temat typu ewolucji stoków (spłaszczanie, równoległe cofanie), typu głównego procesu modelującego stoki (grawitacyjny ruch mas, spłukiwanie) oraz na temat szybkości ewolucji stoków w różnych strefach klimatycznych [2, 3, 5, 10, 28, 38, 56, 69].

Co do stoków strefy klimatu umiarkowanego przeważa pogląd, że w stadium młodocianym stoki o kształcie stromych ścian rozwijają się przez równoległe cofanie [2, 5, 10, 38, 56, 69]. Procesem wiodącym w tym stadium rozwoju stoków jest grawitacyjny ruch mas typu odpadania, osiadania i osuwania, który w zależności od litologii i odporności skał przebiega z różną szybkością (szybciej w skałach mało odpornych, wolniej w skałach odpornych). Natomiast jeśli chodzi o stadium dojrzałe, gdy stoki mają kształt wypukło-wklęsły, istnieje duża rozbieżność poglądów zarówno na typ ewolucji form stokowych jak i na typ głównego procesu modelującego stoki. Penck i King przyjmują, że w tym

stadium ewolucja stoków odbywa się poprzez równoległe cofanie i że głównym procesem jest grawitacyjny ruch mas podobnie jak i w stadium młodocianym. Natomiast Davis, Göttinger, Baulig, Birot, Sobolew są odmiennego zdania, przyjmują, że w stadium dojrzałym stoki ulegają spłaszczaniu. Zgodność poglądów wymienionych autorów dotyczy tylko typu ewolucji form stokowych. Natomiast w ocenie roli procesów modelujących stoki wymienieni autorzy różnią się między sobą. Davis, Baulig i Sobolew przyjmują, że podstawowym procesem w tym stadium rozwoju stoków jest spłukiwanie, a Göttinger i Birot — że spełzywanie.

Co do szybkości ewolucji stoków w strefie klimatu umiarkowanego wszyscy ci autorzy sądzą, że w naturalnych warunkach środowiska jest ona ogromnie powolna.

Konfrontując przedstawione poglądy z wynikami badań w dorzeczu górnego Grajcarka należy stwierdzić, że współczesny rozwój stoków na tym obszarze przebiega przez spłaszczanie i cofanie. Rozwojowi przez spłaszczanie podlegają stoki proste i wypukło-wklęsłe, dla których stałą bazą denudacyjną jest równina terasy nadzalewowej. Procesem przewodnim w tym typie rozwoju stoków jest spłukiwanie, w mniejszym stopniu osuwanie. Na takich stokach spłukiwanie i osuwanie powoduje degradację górnych i środkowych części stoków, a agradację dolnych. Proces ten jest kontynuacją rozwoju form odziedziczonych po ostatniej morfogenezie peryglacjalnej. Można o tym wnosić na podstawie zazębiania się i nakładania grubych pokryw soliflukcyjnych i proluwialnych na osady rzeczne w dnach dolin, a zmniejszanie się miąższości tych pokryw w górę stoku. Taka budowa pokryw otulających skalne stoki wskazuje, że w czasie ostatniej morfogenezy peryglacjalnej górne części stoków ulegały degradacji, a dolne agradacji. Podobny przebieg procesów na tych stokach obserwujemy również obecnie. Górne i środkowe części są niszczone, a dolne nadbudowywane. Nie zmienił się zatem typ ewolucji stoków, a tylko typ procesów i ich natężenia.

Rozwojowi przez cofanie podlegają stoki proste, wypukło-proste i wypukłe, których baza denudacyjna obniża się dzięki intensywnej erozji wgłębnej. Procesem wiodącym w tym typie rozwoju jest głównie osuwanie, osiadanie i odpadanie. Rozwój ten prowadzi do zmiany profilu stoku peryglacjalnego: zmiana następuje w kierunku wydłużenia stoków peryglacjalnych, przejściowego ich zestromienia w dolnym odcinku, a w dalszym etapie do zmiany kształtu stoku prostego albo wypukłego na wklęsły. Nim jednak cofanie obejmie całą powierzchnię stoków, nieodmłodzone stoki peryglacjalne są modelowane przez spłukiwanie i ługowanie.

Tempo współczesnego rozwoju stoków w dorzeczu górnego Grajczarka jest szybsze w przypadku rozwoju przez równoległe cofanie, a znacznie wolniejsze w przypadku rozwoju przez spłaszczenie. Wskazuje na to duża (14%) powierzchnia stoków odmłodzonych w holocenie. Wskutek tego odmłodzenia starsze formy stoków zostały zupełnie zniszczone. Pozostała powierzchnia stoków (86%) ma zachowane formy starsze, które w obecnych warunkach środowiskowych, nie zmienionych lub mało zmienionych przez człowieka, ulegają minimalnym przeobrażeniom.

Instytut Geografii PAN

Zakład Geomorfologii i Hydrografii Gór i Wyżyn
w Krakowie

LITERATURA

- [1] Bac S., Przyczynek do badań nad zmianą położenia powierzchni ornych gruntów lessowych. RNRL t. 19, z. 3, Poznań 1928.
- [2] Baulig H., Le profil d'équilibre des versants. Ann. de Géogr., t. 49, 1940.
- [3] Baulig H., Studia geomorfologiczne (zbiór artykułów). PWN, Warszawa 1958.
- [4] Bennet H. H., Soil conservation. New York and London 1939.
- [5] Birot P., Essai sur quelques problèmes de morphologie générale. Lisbonne 1949.
- [6] Birkenmajer K., Zdjęcie geologiczne zlewni Białej Wody w Jaworkach. Mapa geologiczna 1:10 000 z objaśnieniami. Rękopis. Kraków 1956.
- [7] Birkenmajer K., Objaśnienia do mapy geologicznej zakrytej dorzecza Czarnej Wody k/Jaworek. Mapa geologiczna 1:10 000 z objaśnieniami. Rękopis. Kraków 1957.
- [8] Birkenmajer K., Przewodnik Geologiczny po Pienińskim Pasie Skałkowym. T. 1—4, Warszawa 1958.
- [9] Corbel J., Vitesse de l'érosion. Zeitschr. Geomorph. Bd. 3, H. 1, 1959.
- [10] Davis W. M., The geographical cycle. Geogr. Jour. vol. 14, 1899.
- [11] Demek J., Seichterowa H., Eroze pudy a vyvoj svahu v současných podmínkách ve střední části ČSSR. Sborník Československé Společnosti Zeměpisné, č. 1, 1962.
- [12] Dobrowolski K., Najstarsze osadnictwo Podhala. Badania z dziejów społęcz. gosp. nr 20, Lwów 1935.
- [13] Dobrzański B., Malicki A., Ziemnicki S., Erozja gleb w Polsce. PWRL, Warszawa 1953.
- [14] Dobrzański B., Gliński J., Guz T., Pomian J., Gleby terenu dorzecza Białej Wody. RNR Ser. F-72-3, 1958.
- [15] Dobrzański B., Gliński J., Guz T., Terasowanie zboczy jako czynnik kształtowania erodowanych gleb dorzecza Białej i Czarnej Wody. Roczn. glebozn., t. 9, z. 2. Warszawa 1960.
- [16] Dobrzański B., Z badań wpływu erozji wodnej na ewolucję gleb w Polsce. Wiadomości IMUZ t. 1, z. 4, 1960.

- [17] Dobrzański B., Gliński J., Guz T., Pomian J., Charakterystyka erodowanych gleb dorzecza Czarnej Wody. RNR. Ser. D. t. 96, 1962.
- [18] Dokumentacja złoża piaskowca magurskiego Barcice (Zestawienie wyników badań własności fizycznych piaskowców karpackich z Barcic). Archiwum Przedsiębiorstwa Geologicznego Surowców Skalnych w Krakowie, Kraków 1959.
- [19] Figuła K., Wstępna charakterystyka zjawisk erozji na terenie kilku powiatów województwa krakowskiego. RNR Ser. F-71-1, 1955.
- [20] Figuła K., Kształtowanie się bilansu wodnego na małych zlewniach górskich w świetle kilkuletnich doświadczeń w Jaworkach. Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, nr 8, Kraków 1959.
- [21] Figuła K., Erozja w terenach górskich. Wiadomości IMUZ t. 1, z. 4, 1960.
- [22] Flis J., Formy terenu wywołane grawitacyjnymi ruchami mas skalnych w Sądeczyźnie. Roczn. Nauk. Dydak. WSP z. 8. Kraków 1958.
- [23] Gerlach T., Wstępne badania nad intensywnością współczesnych procesów denudacyjnych w Jaworkach k/Szczawnicy. RNR Ser. F-72-3, 1958.
- [24] Gerlach T., Lód włóknisty i jego rola w przemieszczaniu pokrywy zwierzelinowej w Tatrach. Przegł. geogr. t. 31, z. 3—4, 1959.
- [25] Gerlach T., Les terrasses de culture comme indice des modifications des versants cultivés. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Göttingen 1963.
- [26] Gerlach T., Extension des transformations des versants meridionaux du Haut Beskide a l'époque actuelle. Report of the VI International Congress on Quaternary. Vol. 3, Geomorph. Sec. Łódź 1963.
- [27] Gerlach T., Metody a terajsi stav vyskumu morfogenetických procesov w Polskych Karpatoch, Geografický Časopis, t. 16, z. 3, Bratislava 1964.
- [28] Göttinger G., Beiträge zur Entstehung der Bergrückenformen. Geogr. Abh. Bd. 9, Leipzig 1907.
- [29] Gumiński R., Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce. Przegł. meteorol. i hydrol. z. 1, Warszawa 1948.
- [30] Hlibowicki R., Przemieszczenie gleb i kształt pól uprawnych. RNR Ser. F-71-1, 1955.
- [31] Iveronowa M. I., Stationary studies of the recent denudation processes on the slopes of the R. Tchon-Kizilsu Basin, Tersky Ala-Tau ridge, Tien-Shan. Zeitschr. Geomorph. Supplementband 5, Berlin 1964.
- [32] Jäckli H., Gegenwärtsgeologie des bündnerischen Rheingebiets. Beiträge z. Geolog. d. Schweiz, Geotechn. Ser. 36, 1957.
- [33] Jahn A., Denudacyjny bilans stoku. Czas geogr. t. 25, z. 1—2, Warszawa — Wrocław 1954.
- [34] Jahn A., Badania stoków w Polsce. Przegł. geogr., t. 28, z. 2, Warszawa 1956.
- [35] Jahn A., Polish I. G. Y. Spitsbergen Expeditions in 1957, 1958 and 1959, Quantitative analysis of some periglacial processes in Spitsbergen. Zesz. Nauk. Uniw. Wrocław. seria B, nr 5, 1961.
- [36] Jarocki M., Ruch rumowiska w ciekach. Badanie oraz obliczanie ilości materiału wleczonego i unoszonego. Gdynia 1957.
- [37] Judson S., Ritter Dale F., Rates of Regional Denudation in the United States. Jour. of Geophysical Research vol. 69, No 16, 1964.
- [38] King L. C., Canons of landscape evolution. Bull. Geolog. Soc. Am. vol. 64. No 7, 1953.
- [39] Klimaszewski M., Przyczynki do poznania morfologicznej działalności roztopów wiosennych. Czas. geogr. t. 13, z. 2—4, 1935.

- [40] Klimaszewski M., O utworach plioceńskich w Krościenku nad Dunajcem. Rozprawy Wydz. Mat. Przyrod. PAU nr 5, Kraków 1948.
- [41] Klimaszewski M., Geomorfologia ogólna. Warszawa 1961.
- [42] Kleczkowski A., Osuwiska i zjawiska pokrewne. Warszawa 1955.
- [43] Корнев Я. В., К вопросу об использовании бросовых земель в связи с некоторыми явлениями смыва. Сб. „Эрозия почв”, изд. АН СССР, 1937.
- [44] Kühn W., Hecken Terrasen and Bodenzerstörung im hohen Vogelsberg. Frankfurt 1953.
- [45] Lazar J., Badania wstępne nad glebami Karpat fliszowych. RNR Ser. A-66-1, 1952.
- [46] Lazar J., Gleby karpackie piaskowcowe. Roczn. glebozn. t. 2, 1952.
- [47] Лисичек Е. Н., Передвижение рыхлого материала по склонам Сая Май-Колот. Труды Инст. Геогр. АН СССР т. 67. Работы Тянь-Шаньской физико-географической станции № 5, Москва 1956.
- [48] Mazur Z., Określenie natężenia erozji wodnej na terenie lessowym Zakładu Rolniczo-Doświadczalnego Elizówka. AUMCS, Sec. E, vol. 12, z. 6, Lublin 1958.
- [49] Milata W., Pokrywa śnieżna w Karpatach. Prace Studium Turyzmu UJ, Kraków 1937.
- [50] Milata W., Dni z mrozem i przymrozkami w Karpatach. Wiad. geogr. 16, Kraków 1938.
- [51] Mousgrave G. W., The Quantitative Evolution of Factors in Water Erosion. Journ. of Soil and Water Conserw., vol. 2, No 3, July 1947.
- [52] Niewiadomski W., Próba syntezy 10-cio letnich (1947—1957) studiów nad strukturą przyrodniczo-rolniczą urzeźbionych krain Polski. Wiadomości IMUZ t. 1, z. 4, 1960.
- [53] Oleksynowa K., Komornicki T., Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. 5. Dolina Chochołowska. Zesz. Nauk. WSR w Krakowie. Rolnictwo z. 7, 1960.
- [54] Ostromecki J., Wpływ erozji na żyzność gleby i plonowanie w krajobrazie moreny dennej. RNR t. 54, 1950.
- [55] Oświęcimski A., Przemieszczanie gleb na polu ornym i pastwisku w terenach podgórskich. RNR t. 54, 1950.
- [56] Penck W., Morphologische Analyse. Stuttgart 1924.
- [57] Pietruszewski W., Zabudowa potoków czy zbiorniki retencyjne. Gosp. wod. t. 12, z. 6, 1949.
- [58] Podraza A., Jakub Kazimierz Hauer pisarz rolniczy z XVII wieku. Prace Komisji Nauk Histor. nr 6. PAN, Kraków 1961.
- [59] Pouquet J., Méthodes d'étude des versants et principaux résultats obtenus sur Labe, Guinée Française. A. O. F., Premier rapport de la Commission pour l'étude des versants. Union Géogr. Intern. 1956.
- [60] Prochal P., Przyrodnicze i techniczne podstawy walki z erozją gleb w górnym dorzeczu Soły. RNR Ser. F-74-2, 1962.
- [61] Проницева М. В., О скоростях роста оврагов средне-русской возвышенности. Труды Инст. Геогр. АН СССР т. 65, Москва 1955.
- [62] Rapp A., Recent development of mountain slopes in Kärkevagge and surroundings, Northern Scandinavia. Geogr. Ann. vol. 42, 1960.
- [63] Richter H., Hochraine. Steinrücken und Feldhecken im Erzgebirge. Wiss. Veroff., Leipzig 1960.

- [64] Reniger A., Erozja gleb na terenie podgórskim w obrębie zlewni potoku Łukawica. RNR Ser. F-71-1, 1955.
- [65] Rougerie G., La façonnement actuel des modelés en Côte D'ivoire forestière. Mém. Inst. Franc. D'Afr. Noire, Ifan-Dacar 1960.
- [66] Sawicki L., Osuwiska ziemne w Szymbarku i inne zsuwy powstałe w 1913 r. w Galicji Zachodniej. Rozpr. Wydz. Mat. Przyr. AU 16, Ser. 3, Dział A, Kraków 1916.
- [67] Schmid J., Klima Boden und Baumgestalt im beregneten Mittelgebirge, Freiburg-Neudamm 1925.
- [68] Schumm S. A., Seasonal variations of erosion rates and processes on hillslopes in western Colorado. Zeitschr. Geomorph. Supplementband. 5, Berlin 1964.
- [69] Соболев С. С., Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними. Т. 1, Москва — Ленинград 1948, т. 2, Москва 1960.
- [70] Starkel L., Rozwój rzeźby Karpat Fliszowych w holocenie. Prace geogr. IG PAN nr 22, Warszawa 1960.
- [71] Strahler A. N., Hypsometric analysis of erosional topography. Bull. Geolog. Soc. Am. vol. 63, No 11, 1952.
- [72] Sus M., Erozja gleby. Warszawa 1951.
- [73] Sliwa P., Osuwisko Bachledzkiego Wierchu w Zakopanem. IG Biul. 96, Warszawa 1955.
- [74] Swiderski B., Przyczynki do badań nad osuwiskami karpackimi. Przegl. geogr. 12, Warszawa 1932.
- [75] Teisseyre H., Materiały do znajomości osuwisk w niektórych okolicach Karpat i Podkarpacia. Rocznik PTG 12, Warszawa 1936.
- [76] Tomaszewski J., Zróżnicowanie pokrywy glebowej w terenie lessowym pod wpływem procesów zmywnych. Pamiętnik PINGW w Puławach t. 11, z. 1, Puławy 1930.
- [77] Tricart J., Mise au point l'évolution des versants. Inform. Géogr. nr 3, 1957.
- [78] Wood A., The development of hillside slopes. Proc. Geol. Ass., 1942.
- [79] Woźniak Z., Przebieg i rozmiary współczesnego modelowania zlewni potoku Bilczyckiego przez procesy denudacyjne. Dokum. geogr. z. 5, Warszawa 1963.
- [80] Zachar D., Erózia pody. Vyd. Slov. Akad. Vied, Bratislava 1960.
- [81] Ziemnicki S., Zagadnienia przemieszczania gleb pod wpływem wody i próba zapobiegania tym zjawiskom na lessach głębokich. AUMCS, Sec. E, vol. 4, z. 7, Lublin 1949.
- [82] Ziemnicki S., Mazur Z., Przekrój zbocza jako odzwierciedlenie erozji gleb. AUMCS, Sec. E, vol. 10, z. 3, Lublin 1955.
- [83] Ziemnicki S., Znaczenie skarpy w terenie erozyjnym. RNR Ser. F-73-4, 1959.
- [84] Zingg A., Degree and length of slope as it affect soil loess. Agricultural Enginee vol. 21, nr 2, 1940.
- [85] Zółciński J., Deluwialne procesy glebowe. RNRL t. 22, Poznań 1929.

ТАДЕУШ ГЕРЛЯХ

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ СКЛОНОВ В БАССЕЙНЕ ВЕРХОВЬЕВ ГРАЙЦАРКА (БЕСКИД ВЫСОКИ — ЗАПАДНЫЕ КАРПАТЫ)

Резюме

Проблема быстроты и направления развития склонов имеет большое научное и хозяйственное значение. В геоморфологической литературе она освещена слабо. Большинство геоморфологов увлекается общей эволюцией склонов, опираясь в своих концепциях главным образом на дедуктивных рассуждениях. Существует мало трудов посвященных интенсивности современных склоновых процессов. Нет также работ по методике изучения склонов. В виду этого автором были проведены стационарные исследования для получения количественных данных касающихся быстроты и направления актуального изменения склонов в зависимости от формы склона, растительного покрова и климата. Для изучения этой проблемы автор выбрал бассейн верховьев Грайцарка (площадь 23 кв км), где на нескольких склонах в 1955—1959 годах были проведены стационарные наблюдения.

Бассейн верховьев Грайцарка расположен в восточной части Бескида Высокого. Его территория, построенная из флиша, обладает густой сетью долин, глубина которых превышает 300 м. Склоны занимают 94% поверхности территории. Длина склонов колеблется от 50 до 600 м, а их наклон от нескольких до свыше 50°. Здесь есть прямые, выпуклые и выпукло-вогнутые склоны используемые под лес, луга, пастбища и пахотные земли. Теперешние склоны являются полигенными формами. Начало их развития следует отнести к плиоцену, в течение которого образовались глубокие V-образные долины. В плейстоцене территория несколько раз находилась в области перигляциального морфогенеза. Склоны подвергались тогда сильной деградации. Особенно сильно изменились форма и строение склонов

под влиянием последнего перигляциального морфогенеза, во время которого верхние участки склонов подвергались деградации, а нижние — аградации. Об этом свидетельствуют залегающие в нижней части склона (построенного коренными породами) солифлюкционные покровы, мощность которых возрастает вниз от вершины к оси долин.

В настоящее время происходит моделирование форм унаследованных из предыдущих периодов. Темп и направление их современного моделирования обусловлены формой, типом покровов и почвенного слоя, а также климатом и родом растительного покрова.

Для определения влияния этих элементов на темп актуального развития склонов автором применены 3 метода исследований: 1) метод подробной геоморфологической съемки, 2) метод стационарных исследований и 3) метод патрульных исследований.

Метод геоморфологической съемки заключался в картировании всех форм с их генетично-хронологическим освещением.

Стационарные исследования заключались в измерениях интенсивности процессов смыва и сползания на нескольких склонах типичных для территории, различных по форме и экспозиции и с различным растительным покровом. На склонах, где изучался смыв, были установлены сосуды и желоба размещенные так, чтобы можно было определить размеры смыва на отдельных частях склона и на всем склоне (рис. 2—4).

Для установления зависимости величины смыва от климатических условий в годах, в течение которых автор проводил измерения были составлены подробные графики климатических элементов (рис. 8). Основываясь на них и на данных получаемых в результате одновременного опорожнения приборов на всех склонах, в четырехлетнем периоде исследований автором выделены 8 сезонов: 4 зимне-весенних и 4 летне-осенних. Кроме измерений интенсивности актуального смыва на одном из обрабатываемых склонов было проведено при помощи метода изучения профиля почв на склонах исследование денудации почв за исторический период.

На склонах, выбранных для изучения процесса сползания, была установлена сеть постоянных реперов и измерительных пунктов. Осенью и весной проводились контрольные измерения. На двух склонах было вобщем установлено 60 измерительных пунктов, в которых контрольные наблюдения были проведены 8 раз (рис. 11—14).

Патрульные исследования заключались в регистрации новообразовавшихся обрывов и оползней (рис. 15—17), в измерении величины перемещения почвы посредством щеток волокнистого льда (рис. 18—19) и на определении количества солей в водах уносимых за границы исследуемого бассейна.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основании подробной геоморфологической съемки автором была установлена иерархия современных морфогенетических процессов. На первый план выдвигается линейная эрозия. Общая площадь, занятая эрозионными формами, составляет 2,5% всей площади. На втором месте следует поставить гравитационное движение масс типа оползней и обрывов. Эти формы занимают 12,9% общей площади. Остальную площадь (80%) занимают склоны, на которых главным процессом является смыв и сползание.

Результаты измерений величины актуального сползания полученные на склоне занятом под луга и пастбища показали, что этот процесс происходил только в тех местах, которые в течение всего года большей частью были насыщены водой. В таких местах в сухие годы 1956 и 1957 величина передвижения измерительных клиньев вниз равнялась 3 мм, а во влажном 1958 году — 70 мм. Так как интенсивно влажные склоны занимают только 2% площади всех склонов, автор считает, что процесс сползания не является общим и не играет такой роли в моделировании склонов, как это считают Гетцингер, Биро и Кинг.

Гораздо большую площадь — 80% занимают склоны, которые не являются в нормальных условиях слишком влажными. Точные геодезические измерения, проводимые на таких склонах в течение трех лет, не выявили существования на них процесса сползания. Потому главным процессом моделирующим такие склоны следует считать смыв.

Результаты четырехлетних измерений величины смыва на склонах с разным растительным покровом, разной формой и экспозицией показали, что смыв приобретает наибольшие размеры на распахиваемых склонах, а на склонах с постоянным растительным покровом он в несколько сот и несколько десятков тысяч раз меньше.

В наших климатических условиях в течение года можно отметить два периода увеличенной активности процесса смыва — период зимне-весенний и летне-осенний.

Сравнение величины смыва в этих двух сезонах проведенное в течение четырех лет показало, что зимне-весенние сезоны играют большую роль на обрабатываемых склонах и склонах занятых под луга, а летне-осенние сезоны — на склонах занятых под пастбища. Это связано с предохраняющей ролью растительного покрова.

Кривые размеров смыва (рис. 3—7) показывают ряд пиков и понижений. Из хода кривых следует, что перемещение материала по

склонам происходит какбы скачками. Это доказывает, что механика процесса смыва очень сложна.

Величина смыва обусловлена — кроме растительного покрова и климата — также формой склона. На склоне с равномерным уклоном величина смыва постепенно возрастает в верхней и средней части склона, а в нижней уменьшается. Такой ход смыва ведет к превращению прямого профиля в вогнутый.

На выпуклом склоне интенсивность смыва постепенно растет от вершины к нижней части склона, где достигает небольших размеров. Это ведет к деградации склона при сохранении его прежней формы.

На выпукло-вогнутом склоне в выпуклой его части смыв постепенно увеличивается, а в вогнутой части происходит аккумуляция. Такой ход процессов на этих двух участках склона ведет к одно-временному отступлению и выколаживанию. Выпукло-вогнутый склон в течение долгого времени сохраняет свою форму. Уменьшается только разница высоты между вершиной и вогнутым участком и уменьшаются пропорции между выпуклым и вогнутым участком в пользу вогнутого участка (рис. 20).

Результаты исследований склона с террасовидным расположением полей показали, что террасы образовавшиеся в результате обработки не предохраняют почвы на склонах от разрушающего действия процесса смыва. На основании сравнения емкости деградированных форм и объема аградированных покровов автор установил, что террасы, образовавшиеся в результате обработки, задержали на выпукловогнутом склоне только 35% перемещенного материала, а 65% унесено со склона. Величина среднего понижения склона за 300 лет сильно различается на отдельных его участках. Меньше всего понизилась верхняя часть склона, больше всего — нижняя. Эти изменения обусловили понижение всего склона и увеличение крутизны его нижней части (рис. 9, 10)

Автором установлено, что в актуальном развитии склона важную роль играют процессы: а) сползания и б) оседания. Они активны особенно в годы обильных осадков. В 1958 влажном году на более древних склонах автор зарегистрировал 105 новых обрывов и оползней. Их общая площадь равнялась 2300 кв км; было перемещено вниз по склону на расстояние от 5 до 128 м 2000 куб м почвенного материала. Процессы оседания и сползания происходят в отдельных пунктах склона, чаще всего в нижней и центральной части. Они образуют на склонах небольшие рытвины, которые отступая назад и в стороны разрезают и понижают древние выравненные поверхности склонов.

Поздней осенью и весной на склонах лишенных постоянного растительного покрова автор наблюдал часто щетки волокнистого льда. Они поднимают тонкий слой почвы на несколько до свыше десяти см над поверхностью грунта, а после их таяния почва перемещается вниз по склону на несколько миллиметров (рис 19). Из проведенных несколько раз измерений величины перемещения в течение суток, анализа метеорологических данных и подсчета частоты благоприятствующих условий образования и исчезновения волокнистого льда следует, что в течение одного года слой почвы в несколько миллиметров подвергается перемещению вниз по склону на около 70 см. Результатом этого перемещения является понижение верхней части склонов на несколько мм в течение одного года и отступление крутых стенок дорожных врезов и молодых долин на несколько миллиметров.

Важным процессом, играющим большую роль в актуальном моделировании склонов, является также процесс выщелачивания. Атмосферные воды впитывающиеся в основание растворяют содержащиеся в нем легко растворимые соединения и соли. Воды эти поступая в ложе потоков и рек, с химической точки зрения являются слабым раствором. Измерения насыщения этого раствора (воды текущие в русле потоков) показали, что в 1 куб дцм воды растворено 130 мг разных солей и соединений. Это число умноженное на величину годового стока определяет количество растворенных компонентов, которые уносятся текучими водами. Подсчет этого количества для 1 года и кв км дает число 26 куб м растворенных субстанций. Это соответствует равномерному понижению всей поверхности склонов на 0,026 мм в год.

Резюмируя можно установить, что современное моделирование склонов в бассейне верхнего Грайцарка является очень разнообразным. Главным процессом сильно влияющим на род и направление современного моделирования древних склонов является линейная эрозия на дне долин. Врезание голоценовых долинок на глубину нескольких до свыше десяти метров в узкое дно древних врезов привело к увеличению длины склонов и крутизны из нижней части.

Омоложение древних склонов, покрытых в нижней части мощными солифлюкционными покровами, создало благоприятные условия для развития второго важного процесса — гравитационного движения масс типа оползней и обрывов. Эти процессы уничтожили 13% перигляциальных склонов. Наряду с этими двумя главными процессами выступают: гравитационное движение масс (небольшой мощности), которое главным образом происходит на склонах занятых под луга и пастбища, смыв, интенсивность которого обусловлена

типом растительного покрова и формой склона, и выщелачивание, сползание и перемещение в результате образования волокнистого льда. Эти процессы направленные к преобразению плейстоценовых склонов покрытых солифлюкционными отложениями изменили их сильно только на территориях подвергающихся моделированию в результате сползания. На территориях же моделируемых процессами смыва, выщелачивания, сползания и перемещения посредством волокнистого льда небольшое понижение и террасирование склонов произошло только на распахиваемых склонах. Склоны с постоянным растительным покровом, если они моделируются только поверхностным смывом, подвержены минимальным изменениям так, что плейстоценовая форма склонов осталась собственно неизменной. Современный период благоприятствует инфильтрации вод и процессам физического выветривания, а прежде всего развитию биохимических процессов на таких склонах.

TADEUSZ GERLACH

**DÉVELOPPEMENT ACTUEL DES VERSANTS DANS LE BASSIN
DU HAUT GRAJCAREK
(LES HAUTES BESKIDES — LES CARPATES OCCIDENTALES)**

Résumé

Le problème de la vitesse et de la direction du développement des versants est d'une grande importance scientifique et économique. Les publications géomorphologiques ne l'expliquent qu'insuffisamment. La majorité des géomorphologues est passionnée par l'évolution générale des versants. Il n'y a que peu de travaux consacrés à l'intensité des processus contemporains des versants. Il n'y a non plus pas d'ouvrages consacrés à la méthode d'études de ces versants.

C'est ce qui m'a engagé à effectuer des recherches sur place, afin d'obtenir des données quantitatives concernant la vitesse et la direction des transformations actuelles des versants en fonction du relief du versants, du climat et de la végétation. Afin de trouver une solution à tous ces problèmes, j'ai choisi le bassin du Haut Grajcarek (superficie — 23 km²) où j'ai effectué des recherches sur place au cours des années 1955—59, sur plusieurs versants.

Le bassin du Haut Grajcarek est situé dans la partie orientale des Hautes Beskides. Ce territoire est constitué de Flysch, et caractérisé par un dense réseau de vallées dont la profondeur dépasse parfois 300 mètres. Les versants occupent 90% de la superficie de ce terrain. La longueur des versants va de 50 à 600 mètres. L'angle de leur pente dépasse 50 degrés. On y observe des versants droits, convexes et convexo-concaves, utilisés comme forêts, prairies, pâturages et champs.

Les versants actuels sont de formes polygéniques, le début de leur développement remonte au Pliocène, quand des vallées profondes en forme de V ont été formées. Du temps du Pléistocène ce terrain s'est trouvé plusieurs fois à la portée de la morphogénèse périglaciaire. Alors les versants ont subi de fortes dégradations. La dernière morphogénèse périglaciaire a nettement marqué la forme de la structure des versants,

leurs parties supérieures ont subi une dégradation, les parties inférieures une aggradation. Ceci est confirmé par les couvertures de solifluction enveloppant les versants rocheux dont l'épaisseur augmente en partant des sommets vers les axes des vallées.

Aujourd'hui le modelé se fait sur les formes héritées des périodes antérieures. La vitesse et la direction du modelé actuel de ces versants sont influencées par la forme et le type des couvertures et de la couche du sol, ainsi que par le climat et la végétation.

Afin d'établir l'influence que ces éléments exercent sur la vitesse du développement actuel de ces versants, j'ai employé trois méthodes de recherches:

1. Méthode du levé géomorphologique détaillé.
2. Méthode des études stationnaires.
3. Méthode de récapitulation du levé géomorphologique.

La méthode du levé géomorphologique consistait à dresser des cartes de toutes les formes du point de vue génético-chronologique.

Les études stationnaires consistaient à mesurer l'intensité du processus de ruissellement et de reptation (creep) sur plusieurs versants typiques pour le terrain donné, différant par leurs formes, leur végétation et leur exposition. Sur les versants désignés aux recherches de ruissellement, j'ai installé plusieurs des gouttières en les plaçant de manière à pouvoir déterminer les dimensions du ruissellement dans les différentes parties du versant et sur toute sa longueur (fig. 2—4).

Afin de découvrir le lien de cause à effet entre les conditions climatiques et les dimensions du ruissellement, j'ai dressé des graphiques climatiques détaillés pour les années pendant lesquelles j'ai procédé aux mesures (fig. 8). En basant sur les graphiques et sur les journées, pendant lesquelles j'ai vidé en même temps les appareils de tous les versants, j'ai différencié, parmi les 4 années de mes recherches 8 saisons: 4 saisons hiver-printemps et 4 saisons été-automne. En plus des mesures de l'intensité du ruissellement actuel, j'ai également effectué sur un des versants agricoles, des recherches sur la dénudation historique des sols, en me servant de la méthode des recherches par profil de la structure des sols des versants.

Sur les versants choisis pour mes recherches sur la reptation, j'ai installé un réseau de points stables de repère et de mesure. Partant de ces points, j'ai effectué des mesures de contrôle en automne et au printemps. Au total, j'ai installé sur deux versants 60 points de mesures et 8 fois j'ai effectué les mesures de contrôle de chaque point (fig. 11—14).

Les recherches de recapitulation du levé géomorphologique consistaient à enregistrer les glissements nouvelles et les coulées boueuses (fig. 15—17), à mesurer les quantités de sol déplacées par les pipkrakes (fig. 18, 19) et à déterminer les quantités de sel contenues par l'eau sortant du bassin en solution.

RÉSULTATS DES RECHERCHES

Le levé géomorphologique détaillé m'a permis d'établir la hiérarchie des processus morphogénétiques actuels. L'érosion linéaire occupe une place prépondérante. La superficie totale occupée par les formes actuelles de l'érosion est le 2,5% de la superficie globale. Le mouvement de gravitation des masses du genre des glissements et des coulées boueuses occupe la deuxième place. Ces formes occupent le 12,9% de la superficie totale. Le reste de la superficie (80%) est occupé par les versants où le ruissellement et la creep forment le processus principal.

Les résultats des mesures des dimensions de la creep actuelle obtenus sur le versant des prairies et des pâturages, ont démontré que ce processus ne se produisait que sur des places fortement „humidifiées”, en général pendant toute l'année. Le déplacement des piquets de mesures vers le bas du versant a atteint 3 millimètres pendant les années de 1956 et 1957 — et 70 millimètres en 1958. Puisque la superficie des versants fortement „humidifiés” atteint à peine le 2% de tous les versants, partant de cette base je conclus, qu'actuellement le processus de reptation (creep) n'a pas un caractère général et dans le modelé des versants ne joue pas le rôle que lui donnent Götzing, Penck, Birot ou King.

Les versants qui normalement n'accusent aucun trait „d'humidification” exagérée, occupent une superficie de beaucoup plus étendue, c'est-à-dire de 80%. Les mesures géodésiques précises, effectuées sur les versants de ce genre au cours de 3 ans, n'ont pas permis d'y constater un processus de reptation. Il en résulte que le ruissellement est le processus principal qui modèle les versants de ce genre.

Les résultats des mesures effectuées pendant 4 ans, des dimensions du ruissellement sur les versants différenciés par le type de couverture végétale, par la forme et l'exposition ont démontré que les ruissellements les plus étendus se produisent sur les versants labourés. Ces ruissellements sont quelques centaines et quelques dizaines de milliers de fois plus restreints sur les versants couverts d'une végétation stable (fig. 3—7).

Dans nos conditions climatiques, on distingue chaque année deux

périodes d'activité accure du processus de ruissellement. La saison hiver-printemps et la saison été-automne.

En comparant pendant 4 années les dimensions du ruissellement de ces deux saisons, on constate que les saisons hiver-printemps jouent un rôle plus important sur les versants agricoles et de prairies et les saisons été-automne sur les versants de pâturages. Ce qui est lié au rôle protecteur de la végétation.

Les courbes représentent les dimensions du ruissellement (fig. 3—7) demontrent que les points maxima et minima se trouvent dans leur cadre. Ce cours des courbes démontrent que le déplacement du matériel sur les versants se produit comme qui dirait par saut. Cela prouve que le mécanisme du processus du ruissellement est très compliqué.

Les dimensions du ruissellement est déterminé non seulement par la couverture végétale et le climat, mais encore par la forme du versant. Sur un versant rectiligne les dimensions du ruissellement augmentent graduellement dans la partie supérieure et centrale du versant. Elles diminuent dans sa partie inférieure. Ce processus du ruissellement produit le changement du profil droit du versant en un profil concave.

L'intensité du ruissellement augmente graduellement sur un versant convexe en partant du sommet et descendant le long du versant, il atteint son maximum dans les parties les plus basses. Ce qui mène à la dégradation du versant qui conserve sa forme antérieure.

Sur un versant convexo-concave dans sa partie convexe, le ruissellement augmente graduellement, dans sa partie concave, une accumulation se produit. Un tel cours de processus sur les deux secteurs du versant amène un recul et un aplatissement simultanés. Pendant longtemps, la forme convexo-concave du versant se maintient. Ce n'est que la différence de la hauteur entre le sommet et le secteur concave qui diminue ainsi que les proportions entre le secteur convexe et concave qui évoluent en faveur du secteur concave (fig. 20).

Les résultats des recherches, obtenus sur un versant où les champs sont étagés en terrasses, ont permis d'établir que les terrasses agricoles ne protègent pas entièrement le sol des versants contre l'activité destructive du processus du ruissellement. En comparant la capacité des formes dégradantes et le volume des couvertures d'aggradation, j'ai constaté que les terrasses agricoles sur un versant convexo-concave n'ont retenu que 35% du matériel déplacé et que 65% de ce matériel a été enlevé du versant. La portée de l'abaissement moyen du versant pendant 300 ans est fortement différenciée dans ses diverses parties. L'abaissement minimum s'est produit dans la partie supérieure, le maximum dans la partie inférieure. Ces changements ont abaissé le versant entier et sa partie inférieure est devenue plus raide (fig. 9, 10).

J'ai également constaté que dans le développement actuel des versants survenait un processus de glissement et du décollement. Ils sont tout particulièrement actifs au cours des années riches en précipitations. En 1958, qui était une année humide, dans la superficie des versants, j'ai enregistré 105 glissements et coulées boueuses frais. Leur superficie globale était de 2.300 m², environ 2.000 m³ de matériel du sol a été déplacé dans la direction inférieure du versant à une distance de 5 à 128 mètres. Les processus de décollement et de glissement apparaissent en points sur les versants, le plus souvent dans la partie basse et centrale de ces versants. Ils forment dans la superficie des versants de petites niches de décollement, celles-ci reculent ou se déplacent latéralement, démembrent et abaissent les superficies des versants. Sur le versant forestier j'ai constaté tout frais quelques dizaines de renversements des arbres. Le renversement de grands arbres dérive de l'action du vent. Ont créé une petite excavation et de petites collines s'écroulent du sol des racines. C'est microreliefs sont fréquents indiquent grande rôle des processus du renversement des arbres est modelé des versants forestiers.

Vers la fin de l'automne et au printemps, j'ai constaté sur les versants dépourvus d'un manteau végétal stable l'apparition fréquente des pipkrakes qui soulèvent la couche fine du sol d'environ 5 à 15 centimètres au dessus de la terre. Une fois ces pipkrakes fondus, le sol est déplacé de quelques millimètres vers le bas du versant (fig. 19). Il résulte d'une série de mesures des dimensions des déplacements pendant 24 heures, de l'analyse des données météorologiques et du calcul de la fréquence des conditions favorables à la formation et à la disparition des pipkrakes, que pendant une année, une couche de sol épaisse de quelques millimètres a été déplacée en bas du versant de 70 cm. Un abaissement de quelques millimètres des parties supérieures de versants, au cours d'une année, est le résultat de ce déplacement. Dans les cas, toutefois, de pente raide des chemins creux et de petites vallées jeunes, le recul de plusieurs millimètres résulte de ce déplacement.

Le processus du lessivage est de grande importance par le rôle qu'il joue dans le modelé actuel des versants. Les eaux des précipitations pénétrant dans le sous-sol dissolvent les combinaisons chimiques et les sels. Du point de vue chimique, ces eaux sont une solution faible quand elles rejoignent le lit des ruisseaux et des rivières. Les mesures de la concentration de cette solution (des eaux coulant dans le lit des ruisseaux) ont montré que 1 dcm³ d'eau contient 130 milligrammes de différents sels et combinaisons chimiques. Ce chiffre multiplié par l'écoulement annuel détermine la quantité de composants dissouts qui sont enlevés par l'eau. La quantité des substances dissoutes atteint donc 26 m³ par km²

chaque année. Ceci répond à un abaissement régulier de toute la superficie des versants de 0,026 millimètres par an. Le transport en suspension forme $50 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$.

En résumant, il faut constater que le modelé actuel des versants du bassin du Haut Grajcarek est fortement différencié. L'érosion linéaire des fonds de vallées est le processus principal qui exerce une grande influence sur la qualité et les tendances de la transformation actuelle des versants plus anciens. L'approfondissement des fonds étroits des vieilles vallées, par les vallées holocènes de quelques à 15 mètres, a augmenté la longueur des versants et l'angle de leur inclinaison dans leurs parties inférieures.

Le rajeunissement des versants plus anciens, recouverts dans leurs parties inférieures de puissantes couvertures de solifluction, a créé des conditions favorables au développement d'un deuxième processus de grande importance, c'est-à-dire par le mouvement de gravitation des masses du genre glissements et coulées boueuses. Ces processus ont détruit 13% des versants périglaciaires. En plus de ces deux processus essentiels, se produisent aussi des mouvement en masse de petites profondeurs, qui se produisent avant tout sur les versants de prairies et de pâturages, le ruissellement dont l'intensité du processus est déterminée par le genre du manteau végétal et la forme du versant, ainsi que le lessivage, la reptation (creep) et le déplacement par les pipkrakes. Ces processus tendant à transformer les versants pléistocènes couverts de nappes de solifluction, ne les ont transformés, puissamment que dans les terrains modelés par les glissements. Par contre les territoires modelés par le ruissellement, le lessivage, la reptation et la transformation par les pipkrakes n'ont subi qu'un abaissement et un terrassement peu importants de la superficie des versants labourés. Les versants couverts d'une végétation stable dans les cas où ils sont modelés uniquement par un ruissellement superficiel, ne sont soumis qu'à des transformations minimales; il en résulte que la forme pléistocène des versants est en principe restée inchangée. Pour les versants de ce genre, la période actuelle est favorable à l'infiltration des eaux et au processus de l'altération physique, mais surtout aux processus biochimiques.

LISTE DES FIGURES

Fig. 1. Courbe hypsographique du bassin du Haut Grajcarek (A) sur le fond des courbes de H. N. Strahler illustrant les trois stades principaux du développement du relief

b — stade jeune, c — stade mûr, d — stade vieux

Fig. 2. Appareils servant à déterminer les dimensions du ruissellement sur les versants de prairies et de pâturages

a — récipient de Schmid, b — gouttière

- Fig. 3. Dimensions du ruissellement et grandeur de l'abaissement moyen et du soulèvement des versants de prairies (1 et 2) de 1955 à 1958
- Fig. 4. Dimensions du ruissellement et grandeur de l'abaissement moyen du versant de prairie (5) et de pâturage (6) de 1955 à 1959.
- Fig. 5. Dimensions du ruissellement et grandeur de l'abaissement moyen du versant de pâturage (3) de 1955 à 1959
- Fig. 6. Dimensions du ruissellement et grandeur de l'abaissement moyen et du soulèvement du versant agricole (8) pendant la période hiver-printemps 1955—1956
O — volume du matériel érodé, A — volume du matériel accumulé, 1 — soulèvement moyen, 2 — abaissement moyen
- Fig. 7. Dimensions du ruissellement et grandeur de l'abaissement moyen d'un versant boisé du 25 mai au 26 août 1959
- Fig. 8. Caractéristique du climat des périodes de mesures de 1955 à 1959
- Fig. 9. Coupe schématique d'un versant dont les champs sont disposés en terrasses, du territoire de Jaworki près Szczawnica (Terminologie lithologique des roches d'après K. Birkenmajer [8])
1 — marnes à *Globotruncana* (cerises, bigarées, vertes), 2 — marnes à *Globotruncana* alternant avec les schistes sableux marneux, 3 — graviers marneux-sableux, 4 — grès à grains fins et moyens à bancs minces à hiéroglyphes alternant avec les schistes, 5 — couverture d'altération, 6 — arbustes de genévriers; O, A, B... G — terrasses de culture (rideau), a — surface de dégradation de la terrasse en mètres, b — surface d'aggradation de la terrasse en mètres, p — épaisseur de la couche d'humus en centimètres
- Fig. 10. Schémat de la structure des terrasses de culture (rideau)
O — versant naturel, A, B, C — terrasses de culture sur le versant; I — banc de terrasse. Surface faiblement inclinée du champ labouré, a — surface d'érosion, b — surface d'accumulation; II — rideau (couvert d'herbes et d'arbustes), c — secteur d'accumulation (colluvions), d — secteur d'érosion; 1 — horizon humifère in situ, 2 — horizons inférieur génétiques du profil du sol, 3 — fragment du versant primitif, reconstitué par la pensée, 4 — intersection du versant reconstitué avec le versant actuel, 5 — rupture convexe, 6 — rupture concave.
Définition de la capacité des formes d'érosion V_d et volume des colluvions (V_a)
 $V_d = d^{1/2} \cdot a \times 1m$; $V_a = c^{1/2} \cdot b \times 1m$
La différence entre ces deux éléments détermine l'efficacité des terrasses de culture et la quantité du matériel enlevé de la terrasse
- Fig. 11. Profil du versant I
1 — point de repère capital, 2 — point de repère complémentaire, 3 — points de mesurage
- Fig. 12. Emplacement des piquets sur le versant (I)
Documentation de départ: a) des angles, b) des distances entre les piquets particuliers, c) de la hauteur des piquets au dessus de la surface du sol le 16 mai 1955
1 — point de repère capital, 2 — point de repère complémentaire, 3 — points de mesurage
- Fig. 13. Profil du versant II
1 — point de repère capital, 2 — point de repère complémentaire, 3 — points de mesurage
- Fig. 14. Emplacement des piquets sur le versant (II)
Documentation de départ: a) des angles, b) des distances entre les piquets particuliers, c) de la hauteur des piquets au dessus de la surface du sol le 16 mai 1955
1 — point de repère capital, 2 — point de repère complémentaire, 3 — points de mesurage, 4 — glissement
- Fig. 15. Développement de coulée boueuse peu profond — profil du versant III
1 — points des repères capitales, 2 — points de mesurage
- Fig. 16. Plan de coulée boueuse et emplacement des piquets dans ses limites (documentation de départ le 19 VIII 1955)
1 — points des repères capitales, 2 — points de mesurage, 3 — A, B, C — points de mesurage de reculement de la niche de décollement

Fig. 17. Développement de coulée boueuse peu profond — grandeur des changements pendant la période 1955—1959

1 — état le 19 VIII 1955, 2 — état le 3 VIII 1959, 3 — points de repère capital, 4 — points de mesurage

Fig. 18. Plan du taupinière avec de points de mesurage marqués et coupures longitudinales

I — coupe avec le pipkrakes le 12 IV 1956 à 7 h, II — après la fonte des pipkrakes à 10 h

Fig. 19. Etats du temps pendant les journées durant lesquelles j'observais l'efflorescence des pipkrakes à Jaworki près Szczawnica

Fig. 20. Influence de la forme du versant sur les dimersions du ruissellement (schémat)

D — secteur du versant à petit ruissellement, D₁ — secteur du versant à grand ruissellement, D₂ — secteur du versant à très grand ruissellement, T — secteur du transport par eau, A — secteur de l'accumulation

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo. 1. La vallée de Biała Woda — gorge épigénétique-structurale

Photo. 2. Dégels — sur les versants des pâturages l'eau courante est presque limpide

Photo. 3. Gouttières sur le versant des pâturages

Photo. 4. Prise du matériel des récipients

Fig. 11. Développement de la zone littorale pendant les années 1955-1958

Fig. 12. Plan de coupe horizontale des versants de la zone littorale

Fig. 13. Influence de la forme des versants sur les directions du littoral

Fig. 14. Plan de coupe horizontale des versants de la zone littorale

Fig. 15. Développement de la zone littorale pendant les années 1955-1958

Fig. 16. Plan de coupe horizontale des versants de la zone littorale

Fig. 17. Développement de la zone littorale pendant les années 1955-1958

Fig. 18. Plan de coupe horizontale des versants de la zone littorale

Fig. 19. Développement de la zone littorale pendant les années 1955-1958

Fig. 20. Plan de coupe horizontale des versants de la zone littorale

Fig. 21. Développement de la zone littorale pendant les années 1955-1958

Fig. 22. Plan de coupe horizontale des versants de la zone littorale

Fig. 23. Développement de la zone littorale pendant les années 1955-1958

Fig. 24. Plan de coupe horizontale des versants de la zone littorale

Fig. 25. Développement de la zone littorale pendant les années 1955-1958

Fig. 26. Plan de coupe horizontale des versants de la zone littorale

Fig. 27. Développement de la zone littorale pendant les années 1955-1958

- Polish Geographical Seminar (Nieborów 15—18. IX. 1958). 1961, s. 148 + 10 wkładek (mapy) + 15 fot.
26. Gieysztor I., Studia hydrologiczne nad potokami tatrzańskimi. 1961, s. 80 + 4 mapy, zł 26,—
 27. Praca zbiorowa, Problems of Economic Regions. 1961, s. 360 + map, zł 77,—
 28. Staszewski J., Die Verbreitung der Bevölkerung nach dem Abstand vom Meer. 1961, s. 77 + 2 tabl., zł 20,—
 29. Galon R., On the Morphology of the Noteć—Warta (or Toruń-Eberswalde) Ice Marginal Streamway. 1961, s. 129 + mapa, zł 32,—
 30. Fleszar M., Zarys historii geografii ekonomicznej w Polsce do 1939 r. 1962, s. 173, zł 43,50
 31. Praca zbiorowa, Land Utilization. Methods and Problems of Research. 1962, s. 250 + 13 wkładek, zł 63,—
 32. Kosiński L., Miasta województwa białostockiego. 1962, s. 163 + wkładki, zł 28,—
 33. Kaczorowska Z., Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. 1962, s. 112 + wkładka, zł 28,—
 34. Okołowicz W., Zachmurzenie Polski.
Stopa M., Burze w Polsce. 1962, s. 185 + 2 wkładki, zł 45,—
 35. Biegajło W., Sposoby gospodarowania w rolnictwie województwa białostockiego. 1962, s. 187 + mapy, zł 48,—
 36. Dziewański J., Starkel L., Dolina Sanu między Soliną a Zwierzyniem w czwartorzędzie. 1962, s. 86 + 9 wkładek, zł 28,—
 37. Chilczuk M., Rozwój i rozmieszczenie przemysłu rolno-spożywczego w województwie białostockim. 1962, s. 159, zł 38,—
 38. Radłowska C., Rzeźba północno-wschodnia obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. 1963, s. 178 + 12 fot. + 4 wkładki, zł 60,—
 39. Szupryczyński J., Rzeźba strefy marginalnej i typy deglacjacji lodowców południowego Spitsbergenu. 1963, s. 162 + 4 mapy, zł 35,—
 40. Kosiński L., Procesy ludnościowe na Ziemiach Odzyskanych. 1963, s. 128 + wkładki, zł 28,—
 41. Domański R., Zespoły sieci komunikacyjnych, 1963, s. 110 + 28 ilustr. zł 24,—
 42. Stasiak J., Historia jeziora Kruklin w świetle osadów strefy litoralnej. 1963, s. 94 + 19 ilustr. + 2 mapy, zł 27,—
 43. Mileska L., Regiony turystyczne Polski. Stan obecny i potencjalne warunki rozwoju. 1963, s. 156 + 6 map, zł 34,—
 44. Gilewska S., Rzeźba progów środkowotriasowych okolic Będzina. 1963, s. 135 + 24 ilustr., zł 36,—
 45. Chilczuk M., Sieć ośrodków więzi społeczno-gospodarczej wsi w Polsce. 1963, s. 155 + 55 ilustr. + 81 map, zł 65,—
 46. Praca zbiorowa, Problems of geomorphological mapping. 1964, s. 140 + aneks + ilustr. + 6 map, zł 48,—
 47. Praca zbiorowa, Studia geograficzne w powiecie pińczowskim. 1966, s. 193 + 8 wkładek, zł 47,—
 48. Wróbel A., Pojęcie regionu ekonomicznego a teoria geografii. 1965, s. 86, zł 21,—
 49. Ratajski L., Polska kartografia ekonomiczna XX wieku. 1965, s. 143 + 16 ilustr. (map), zł 30,—

50. Starkel L., Rozwój rzeźby polskiej części Karpat Wschodnich. 1965, s. 160 + 16 fot. + 8 wkładek + 1 mapa, zł 48,—
51. Kostrowicki A., Regionalizacja zoogeograficzna palearktyki. 1965, s. 99 + 21 ilustr. (map), zł 30,—
52. Gerlach T., Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajcarka (Beskid Wysoki — Karpaty Zachodnie). 1966, s. 111 + 5 wkładek, zł 33,—
53. Klimek K., Deglacjacja północnej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej w okresie zlodowacenia środkowopolskiego. 1966, s. 136, zł 32,—
54. Kosmowska-Suffczyńska D., Rozwój rzeźby w trzeciorzędzie okolic Ostrowca Świętokrzyskiego i Ćmielowa. 1966, s. 114 + 2 mapy + 5 fot., zł 33,—
55. Ziemońska Z., Obieg wody w obszarze górskim na przykładzie górnej części dorzecza Czarnego Dunajca. 1966, s. 111 + 2 wkładki, zł 34,—
56. Ratajski L., Mapy przemysłu, ich właściwości metodyczne i kartometryczne. 1966, s. 112, ryc. 22, zł 28,—
57. Więckowski K., Osady dennie Jeziora Mikołajskiego. 1966, s. 112 + 2 wkładki, zł 24,—
58. Szostak M., Pochodzenie jeziora Śniardwy i jego zasoby wodne 1967. (w druku)
59. Rościszewski M., Siemek Z., Zmiany w rolnictwie krajów gospodarczo rozwiniętych — Egipt, Syria, Turcja. 1967 (w druku)
60. Ziętara T., Rola gwałtownych ulew i powodzi w modelowaniu Beskidów. 1967 (w druku)
61. Urbaniak U., Wydmy kotliny płockiej. 1967 (w druku)
62. Jewtułowicz S., Geneza pradoliny warszawsko-berlińskiej między Nerem a Moszczenicą. 1967 (w druku)

Varia

- Kaczorowska Z., Zestaw zagranicznych czasopism i wydawnictw seryjnych z zakresu nauk o ziemi znajdujących się w bibliotekach polskich. 1957, s. 377, zł 100,—
- Ratajski L., Szewczyk J., Zwoliński P., Nazewnictwo geograficzne świata, 1959, s. 857, zł 135,—
- Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce. Zeszyt 1. Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800. 1961, s. 248, zł 72,—
- Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce. Zeszyt 2 (uzupełniający). Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800. 1963, s. 124, zł 28,—
- Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce. Zeszyt 3. Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1801—1919. 1965, s. 342, zł 76,—