

DENUDACJA NA ZWAŁACH ODKRYWKOWEJ KOPALNI SIARKI W PIASECZNIE

Janina Repelewska-Pękałowa

Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego WSR — Lublin

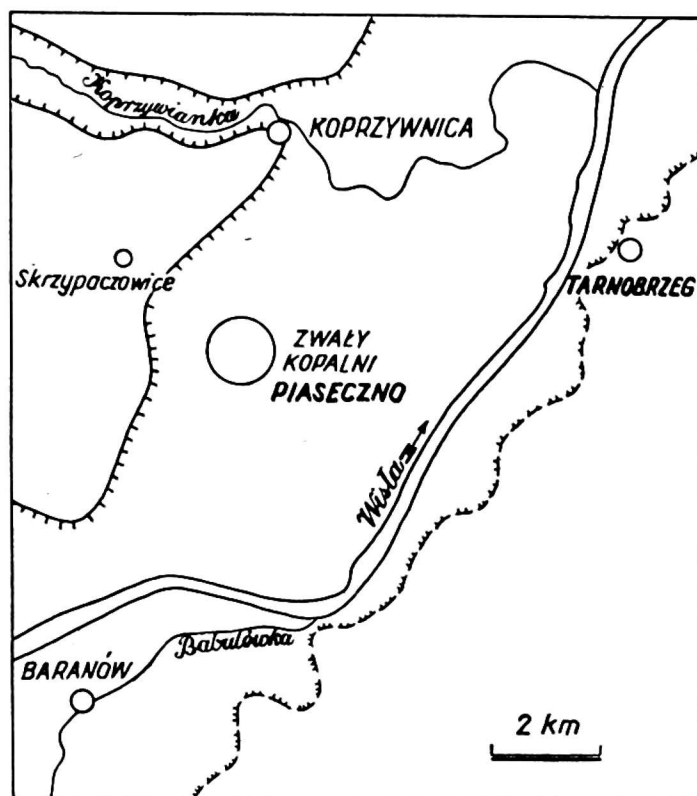
Kierownik: prof. dr S. Ziemiński

WSTĘP

Eksploatacja górnicza, zarówno wgłębna jak i odkrywkowa pozostawia po sobie widoczny ślad na powierzchni w postaci olbrzymich pagórków-zwałów, których rozmiary i kształt są różne. Ponieważ z kopalnictwem odkrywkowym wiąże się konieczność usuwania milionów m³ nadkładu, dlatego też zwały powstające przy kopalniach odkrywkowych zajmują największe powierzchnie. Te sztucznie powstałe wypukłe formy rzeźby ulegają naturalnym procesom denudacji zmierzającym do ich wyrównania. Współczesne działanie tych procesów polega głównie na modelowaniu zboczy poprzez ruchy masowe (osuwiska, osiadanie, splezywanie, sezonową soliflukcję), erozję i ablację, a uwarunkowane jest całym szeregiem czynników środowiskowych jak: warunki klimatyczne, rodzaj materiału, szata roślinna.

W latach 1965—1970 prowadzono obserwacje procesów erozji na zwałach zewnętrznych odkrywkowej kopalni siarki w Piasecznie. Zwały te znajdują się na lewym brzegu Wisły w pobliżu miejscowości Łoniów i Skrzypaczowice (rys. 1). Usypane są one na rozległej terasie doliny Wisły stanowiąc dwa kompleksy form do których należy: zwał mały znajdujący się w pobliżu budynków administracyjnych kopalni oraz zwał duży (rys. 2) leżący niedaleko drogi do Sandomierza. Przeciętna wysokość zwału małego wynosi 20 m, zaś dużego 45 m ponad powierzchnię terasy Wisły. Ogólna powierzchnia zwałów wynosi ok. 60 ha. Obecnie prowadzone jest także zwałowanie wewnętrzne w obrębie wyrobiska.

Badania polegały na kartowaniu rozwijających się form rzeźby i pomiarach natężenia współczesnych procesów morfogenetycznych. Określano także właściwości fizyczne i skład mechaniczny materiału z którego usypane są zwały. W ciągu całego okresu prowadzenia badań mierzono

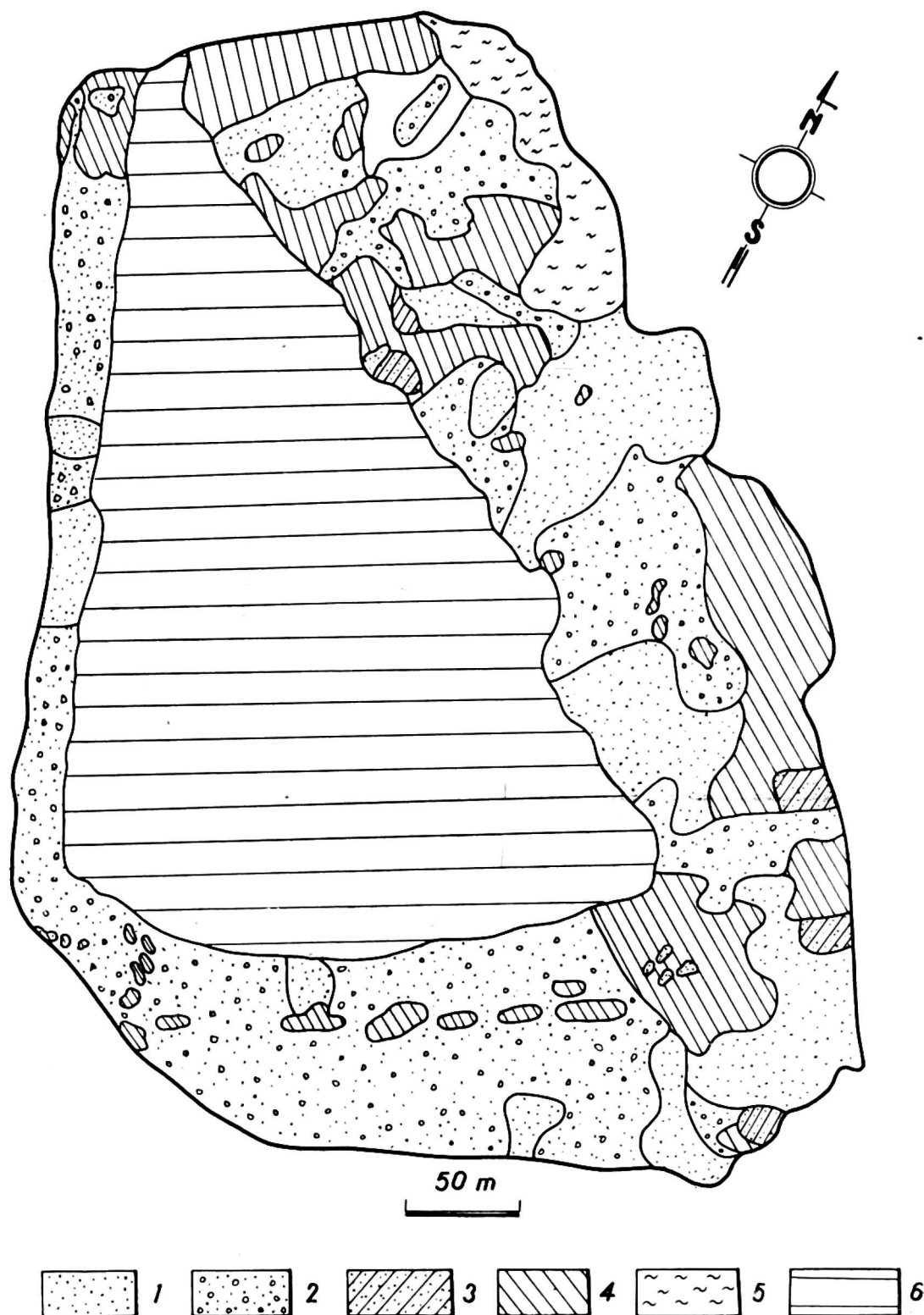


Rys. 1. Szkic sytuacyjny zwałów kopalni Piaseczno

opady i grubość pokrywy śnieżnej. Dwukrotnie dokonywano spisu roślinności w celu określenia kierunku sukcesji roślinnej. Badania ogólne prowadzono w obrębie całego kompleksu zwałów zaś szczegółowe na wybranych fragmentach najstarszej części.



Rys. 2. Widok ogólny zwału od strony zachodniej (fot. autorka)



Rys. 3. Schemat rozmieszczenia materiału we wschodniej części zwał dużego
 1 — piasek, 2 — piasek ze żwirem, 3 — piasek na ıle, 4 — ıł, 5 — aluwia
 wyciśnięte, 6 — teren wyrównany

WARUNKI FIZJOGRAFICZNE

CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁU

Siarka występuje w osadach morza mioceneskiego. Nadkład stanowią utwory wieku trzeciorzędowego i czwartorzędowego, w różnym wykształceniu facjalnym [6, 7, 8]. Generalnie rzecz biorąc na zwałach znajdują się dwa rodzaje różnowiekowych skał, a mianowicie piasek i ıł. Piaski są wieku zarówno trzeciorzędowego jak i czwartorzędowego, zaś ıły są trzeciorzędowe (torton, sarmat). Piaski mają barwę jasnożółtą, ciemnożółtą, żół-

toszarą i żółtorudą, a uziarnienie drobne, średnie i grube. Znajduje się w nich zwykle domieszka żwirów o średnicach do 2 cm. Żwiry te to okrucy wapienia, rogowca a często i materiału krystalicznego. Piaski niekiedy bywają zorsztynizowane. Ił charakteryzuje się barwą szarą i niebiesko-szarą. Jest plastyczny, ma układ zwięzły. Stwierdzono w nim obecność niewielkich okruchów gipsu, wapienia i siarki.

Materiał z którego zbudowane są zwały jest przemieszany zarówno w profilu pionowym jak i powierzchniowo. Szkic przestrzenny rozmieszczenia materiałów we wschodniej części zwałowiska przedstawiono na rys. 3.

Do analiz pobrano materiał z powierzchniowej warstwy zwał. Skład mechaniczny określono metodą sedymentacyjną. Wyniki przedstawia tabela 1. Stwierdzono we wszystkich badanych próbkach obecność szkieletu glebowego. Zawartość procentowa części szkieletowych wahała się od 2,5% w iłach, do 31,4% w piaskach. Ważniejsze właściwości fizyczne materiału budującego zwały podano w tabeli 2. Z rodzajem materiału zwią-

Tabela 1

Skład mechaniczny materiału ze zwałów w Piasecznie

Szkielet	Procentowa zawartość cząstek glebowych o średnicy w mm						części spławialne < 0,02
	1—0,1	0,1— —0,05	0,05— —0,02	0,02— —0,006	0,006— —0,002	< 0,002	
0,0	82	4	2	2	1	9	12
11,0	92	1	0	0	3	4	7
13,0	97	2	0	0	0	1	1
27,0	94	1	1	1	0	3	4
31,4	84	0	0	2	6	9	17
12,0	49	3	2	3	5	38	46
10,0	31	3	5	2	7	52	61
2,7	40	2	6	3	8	41	52
2,0	47	2	2	4	8	37	49

Tabela 2

Właściwości fizyczne utworów na zwałach w Piasecznie

Rodzaj materiału	Ciężar		Kapilarna pojemność wodna		Wilgotność higroskopowa % wag.	Porowatość ogólna %	Pojemność powietrzna przy maksymalnej pojemności kapilarnej %	Współczynnik przepuszczalności cm/s	Granica plastyczności %	Granica płynności %
	właściwy g/cm ³	objętościowy	wagowa	objętościowa %						
piasek	2,65	1,62	15,86	25,69	0,36	38,87	13,18	0,00629		
ił	2,71	1,40	32,63	45,73	6,25	48,37		2,64	26	62

nieprzepuszczalny

zana jest wielkość spadków jakie mają zbocza zwałów. Zbocza piaszczyste są nachylone maksymalnie do 30° (kąt naturalnego zsypania), natomiast nachylenie zboczy ilastych jest zmienne, waha się w granicach od 8 — 42° . Nachylenie to jest w dużej mierze zależne od uwilgotnienia ładu.

KLIMAT

Zwały znajdują się w obrębie dzielnicy rolniczo-klimatycznej zwanej przez Gumińskiego — Radomską [3]. Dzielnica ta odznacza się stosunkowo łagodnym, w porównaniu z sąsiednimi, klimatem. Zwłaszcza uprzywilejowana jest ona termicznie. Średnia temperatura powietrza wynosi ok. $8,5^\circ\text{C}$, średnia temperatura stycznia $-3,2^\circ\text{C}$, lipca ponad 18°C . Liczba dni zimowych, tj. z temperaturą średnią niższą od 0°C wynosi mniej niż 50. Przymrozki występują w czasie 115—117 dni. Ilość opadów waha się w przedziale 550—650 mm rocznie. Średnie sumy opadów dla poszczególnych miesięcy wyliczono na podstawie danych ze stacji PIHM w Sandomierzu, odległym o ok. 30 km, przedstawiono w tab. 3. Najwięcej

Tabela 3

Miesięczne sumy opadów (w mm) w okresie 1965—1970. Sandomierz

Miesiąc	1965	1966	1967	1968	1969	1970
I	59,2	41,0	48,9	48,9	20,0	63,1
II	32,2	76,4	36,5	62,3	38,5	42,2
III	34,3	28,9	28,4	30,5	27,5	34,4
IV	33,1	118,9	79,0	50,9	22,1	59,8
V	53,4	82,2	77,6	81,3	75,3	45,5
VI	60,9	118,7	81,3	116,5	94,8	57,6
VII	139,8	123,3	81,6	131,3	41,3	186,3
VIII	154,6	71,6	63,4	61,7	80,4	51,3
IX	55,2	29,7	17,4	67,1	6,2	47,4
X	5,3	53,0	32,5	48,6	11,1	39,1
XI	39,8	75,0	35,2	67,2	36,4	59,8
XII	37,9	68,9	70,4	21,8	36,9	57,8
Rocznie	705,7	887,6	652,2	788,1	490,5	744,3

opadów przypada na miesiące letnie. Sąsiadujący z okolicami region kielecki jest często nawiedzany przez grad. Pokrywa śnieżna występuje w I dekadzie grudnia a ustępuje w II dekadzie marca. Liczba dni z pokrywą śnieżną jest mniejsza od 60. Średnie usłonecznienie w okresie między kwietniem a październikiem wynosi przeciętnie ok. 6,5 godzin dziennie. Ilość dni pogodnych wynosi ponad 40, a pochmurnych mniej niż 150. Wiatry wieją głównie z kierunków zachodnich i mają zwykle niewielkie prędkości — co jest charakterystyczne dla tej dzielnicy klimatycznej.

ROŚLINNOŚĆ

Sukcesja roślinności na zwały odbywa się powoli. Rośliny reprezentują przeważnie pionierskie zbiorowiska ruderalne z rzędu *Chenopodietalia* i *Onopordetalia* z gatunkami leśnymi i łąkowymi. Roślinność ta zaczyna wkraczać na zwał mniej więcej w rok od zakończenia zwałowania. Zaobserwowano, że z czasem gatunki ruderalne ustępują i pojawiają się gatunki trwałe, zioła wieloletnie, drzewa i krzewy takie jak: *Salix fragilis*, *Pinus silvestris*, *Betula verrucosa*, *Populus tremula*, *Juniperus communis*, *Fraxinus excelsior*, przy czym są one jednak skarłowaciałe. Lepsze warunki siedliskowe stanowią fragmenty zbudowane z piasku charakteryzującego się domieszką frakcji spławialnych, toteż sukcesja jest tu szybsza, a ilość wkraczających gatunków większa. Na piaskach drobnych, względnie dobrze wysortowanych, sukcesja roślinna jest bardzo powolna lub jej brak. Zauważono, że na zboczach ilastych przez dłuższy czas rósł jedynie podbiał (*Tussilago farfara*). Konsekwencją mozaikowego układu materiału budującego zwały jest wytworzenie się bardzo zróżnicowanej szaty roślinnej. Zróżnicowanie to dotyczy zarówno ilości gatunków jak i ich skoncentrowania. I tak np. nawet na najstarszych, liczących już 11 lat fragmentach zwałów z częściami doskonale zazielenionymi, sąsiadują powierzchnie zupełnie lub prawie zupełnie pozbawione roślinności.

Stwierdza się, że wkraczająca samoistnie roślinność jest dość słabo rozwinięta, nie ma wartości gospodarczej i jakkolwiek zmniejsza działanie erozji powierzchniowej, to nie chroni należycie przed erozją liniową.

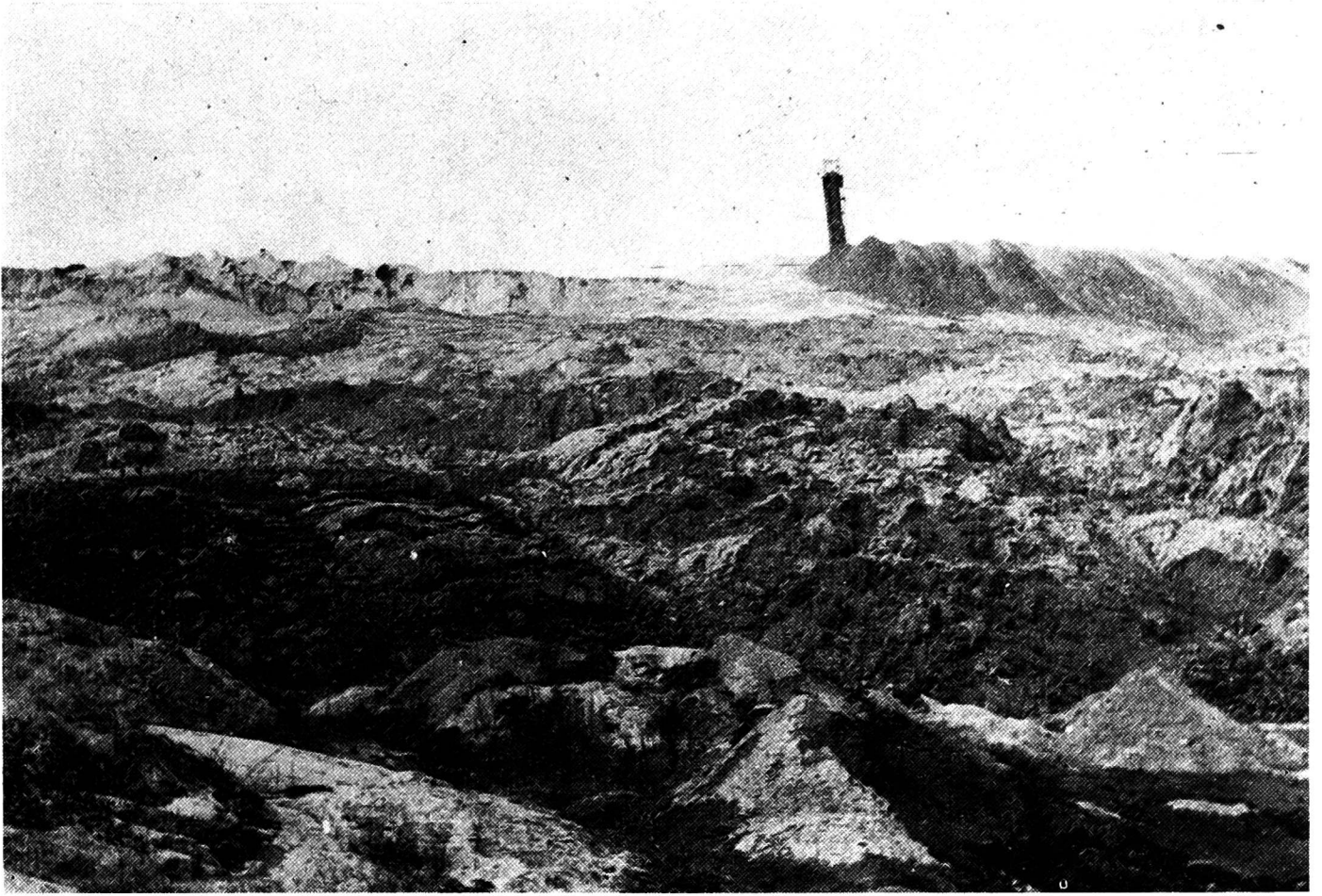
PROCESY DENUDACYJNE NA ZWAŁACH

Zwały są narażone na niszczące działanie wiatru i wody. Procesem najbardziej powszechnym jest erozja wodna, gdyż ulega jej zarówno piasek jak i il, podczas gdy eoliczna głównie związana jest z częścią piaszczystą. Woda niszczy stoki poprzez ablację — tj. rozproszone splukiwanie w czasie deszczu, może też działać liniowo tworząc duże rozmywy.

Rodzaj procesów rzeźbotwórczych uzależniony jest przede wszystkim od rodzaju materiału z którego zbudowane są zbocza zwałów. Biorąc pod uwagę tę zależność omówiono je oddzielnie dla powierzchni piaszczystych i ilastych.

PROCESY MODELUJĄCE POWIERZCHNIE ILASTE ZWAŁÓW

Procesem działającym tylko w obrębie części ilastej jest osiadanie i osuwanie się materiału. Jedną z przyczyn tego zjawiska jest sposób zwałowania. Mianowicie wilgotny il przenoszony taśmociągami na odległość 1—2 km zostaje zrzucany z dużą prędkością. W tym momencie jest on bardzo plastyczny [1]. Ciągła dostawa materiału i zrzucanie go z dość dużej wysokości prowadzi do powstania form wypukłych, naruszenia równowa-



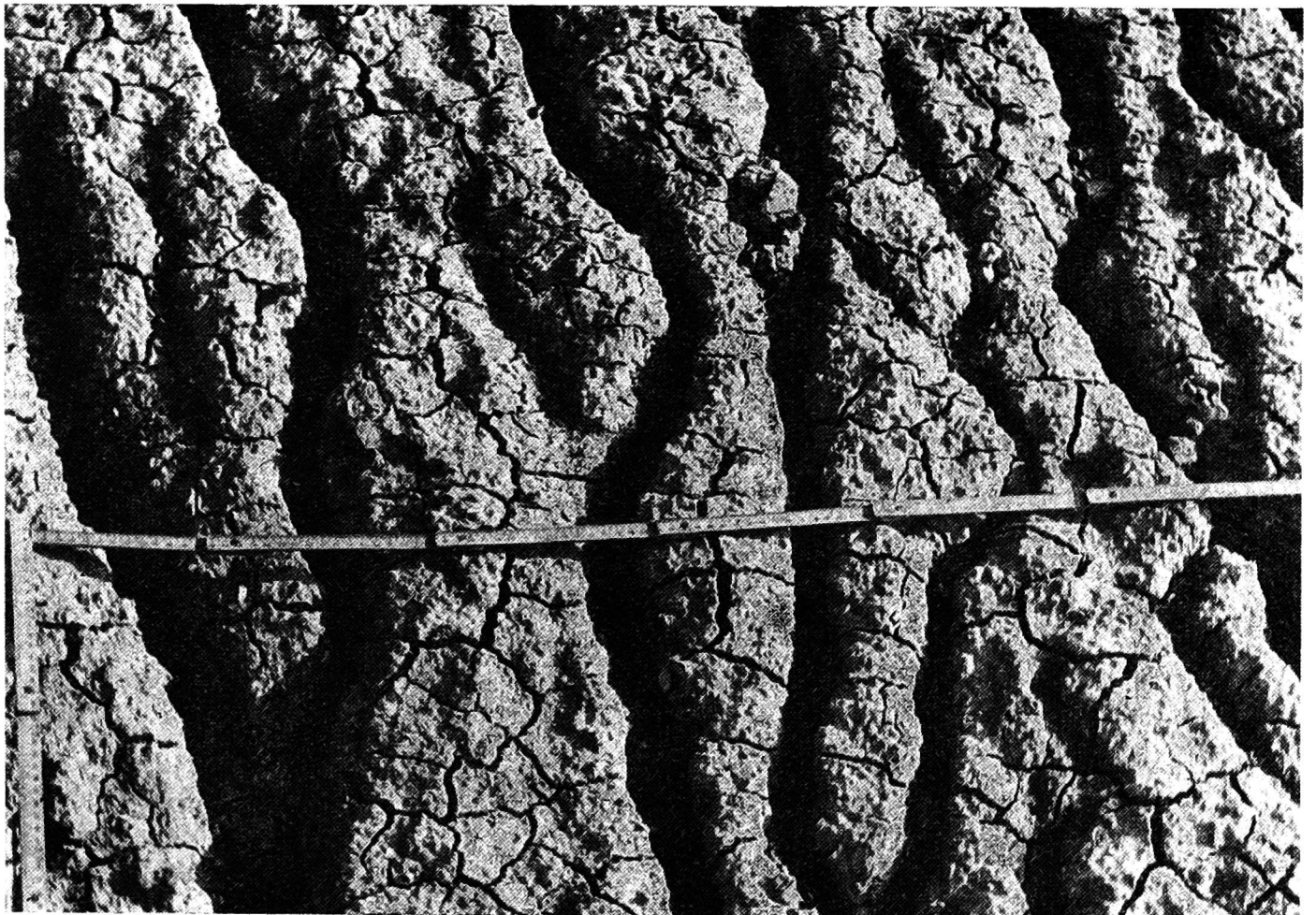
Rys. 4. Osuwiska w pobliżu taśmociągu (fot. autorka)



Rys. 5. Powierzchnia wierzchowiny (fot. K. Pękala)



Rys. 6. Iły namyte do zagłębień i pękające wskutek wysychania (fot. autorka)



Rys. 7. Fragment mikroform na ilastej części stoku (fot. autorka)

gi zboczy a następnie do grawitacyjnych przemieszczeń materiału (rys. 4). W górnej części zbocza powstawały szczeliny zaś w dolnej osuwający się materiał tworzył tzw. jezior osuwiskowy — łagodnie nachylony ($8-10^\circ$), z licznymi nabrzmieniami i zagłębieniami. W zagłębieniach tych, po ustabilizowaniu się zbocza, gromadziły się po deszczach wody tworząc okresowe jeziora. W pobliżu miejsc, gdzie aktualnie zwałuje się materiał stwierdzono również powstawanie osuwisk mających charakter spontanicznych upłynnień. Bezpośrednim impulsem wywołującym to zjawisko są prawdopodobnie wstrząsy spowodowane uderzeniami materiału spadającego ze zwałowarki.

Technika zwałowania jest powodem, że wierzchowina zwałów nie stanowi zwartej powierzchni lecz skupisko „górek” i obniżen między nimi (rys. 5). W części ilastej w obniżeniach tych gromadzi się woda i powstają jeziora okresowe podobnie jak na osuwiskach. Do zagłębien wmywany jest materiał ze ścianek. Po wyparowaniu wody ilasty materiał łuszczy się oraz pęka w regularne wieloboki (rys. 6). Proces ten stanowi pewną odmianę wietrzenia fizycznego, jest to tzw. wietrzenie fizyczne wskutek wysychania.

Ilaste zbocza zwałów pocięte są gęstą siecią żłobinek mających dna płaskie i stosunkowo niewielką głębokość (od 2 do 10 cm) przy szerokości od 5 do 7 cm (rys. 7). Duże zagęszczenie żłobinek można tłumaczyć ich złożoną genezą. W pierwszej fazie następowało pęknięcie wierzchniej warstwy iłu wskutek wysychania, następnie powstałymi w ten sposób szczelinami płynęła woda poszerzając je. Tempo rozwoju żłobin jest bardzo powolne dlatego też utrzymują się one dość długo.

Stwierdzono istnienie wału wysokości ok. 2 m obrzeżającego zwał od strony północno-wschodniej. Wał powstał w wyniku nacisku iłów na podłoże, które w tym miejscu stanowi warstwa torfów miąższości ok. 3 m.

PROCESY MODELUJĄCE POWIERZCHNIĘ PIASZCZYSTE ZWAŁÓW

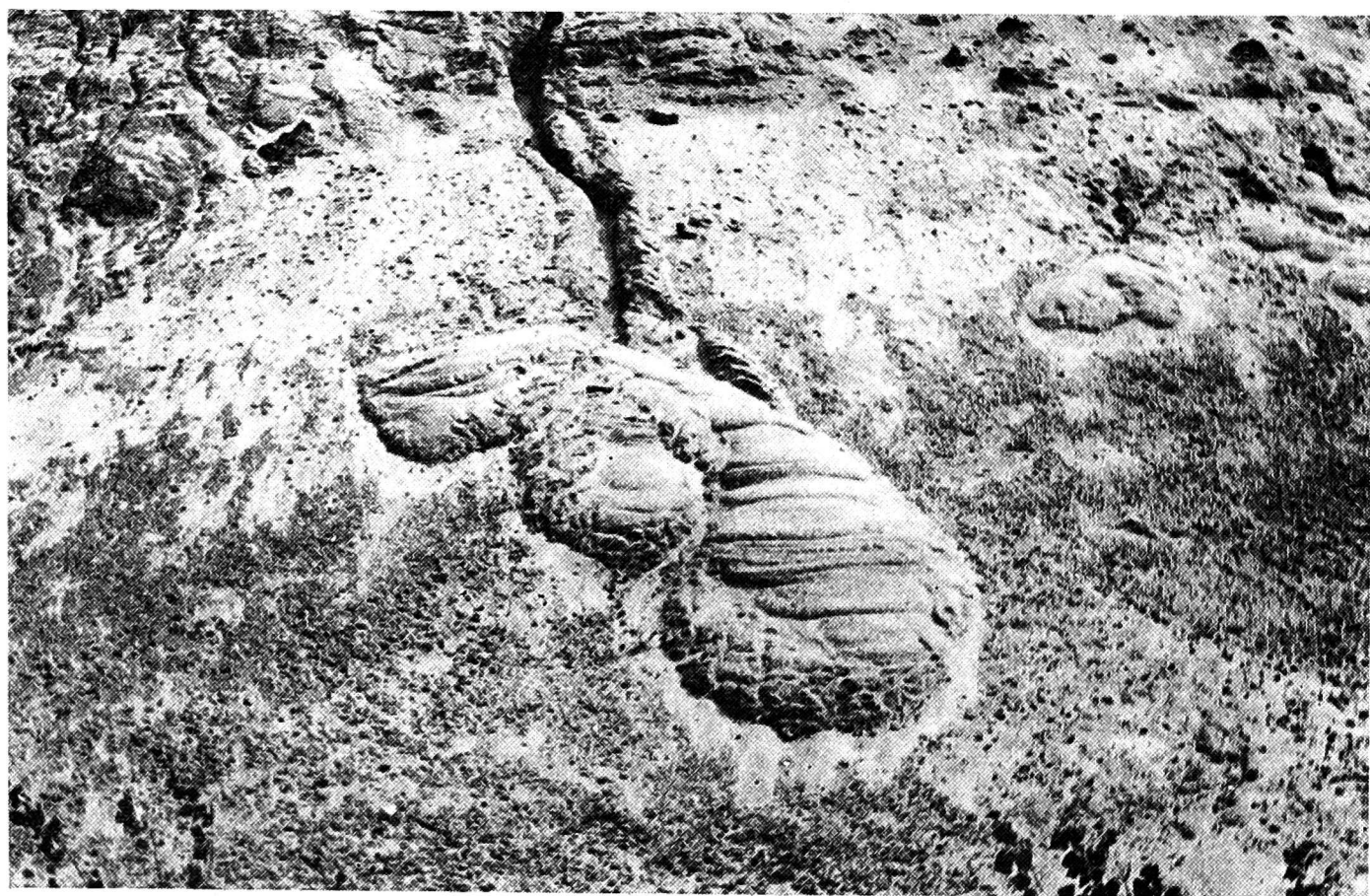
Procesem związanym przede wszystkim z piaszczystą częścią zwałów jest erozja eoliczna, a ściślej deflacja. W miejscach z których zostały wywiane drobne cząstki na powierzchni pozostaje bruk złożony ze żwirów. Bruk taki obserwuje się na wierzchowinie i na zboczach. Drobny piasek gromadził się w zagłębieniach terenu i na zboczach zawietrznych (rys. 8).

Procesem o największym zasięgu powierzchniowym jest ablacja czyli spłukiwanie przez wody deszczowe. Spływające wody spłukiwały materiał i żłobiły, przy czym rodzaj i intensywność działania procesów uzależnione były od usytuowania na stoku i domieszek w materiale piaszczystym. Wśród zboczy piaszczystych z uwagi na zawartość innych frakcji wyróżniono:

— zbocza zbudowane z piasków drobno lub średnio ziarnistych dobrze wysortowanych,



Rys. 8. W efekcie deflacji na powierzchni pozostaje bruk a w obniżeniach gromadzi się materiał najdrobniejszy (fot. K. Pękala)



Rys. 9. Formy akumulacji materiału w środkowej części zbocza piaszczystego (fot. autorka)

— zbocza zbudowane z piasków drobno i średnio ziarnistych z domieszką pyłów,

— zbocza zbudowane z piasków zawierających domieszkę żwirów. Formą wyjściową dla procesów rzeźbotwórczych był w każdym wypadku stok prosty o nachyleniu ok. 30° .

Na stokach zbudowanych z piasków dobrze wysortowanych, drobno i średnio ziarnistych można wydzielić trzy strefy różniące się między sobą rodzajem działających procesów [12]. W odcinku górnym odbywa się rozproszone spłukiwanie. Ilość wody płynącej jest tu niewielka, gdyż część od razu wsiąka, reszta zaś jest przeładowana materiałem. W wyniku tarcia i ubytku wody materiał zostaje osadzony w postaci nieregularnych wałów w środkowej części zbocza (rys. 9). Żywot takich mikroform jest dość krótki, bo istnieją tylko do momentu wysuszenia piasku. Po wyschnięciu piasek osypuje się i zbocze ponownie osiąga nachylenie wyjściowe. Niekiedy w dolnej części zbocza tworzą się żłobiny. Powstanie ich związane jest z łączeniem się małych strużek, dzięki czemu spływają większe ilości wody. Niektóre z nich zostają „wypełnione” po następnych deszczach, inne pogłębiają się, poszerzają i cofają tak, że z czasem mogą rozcinać całe zbocze. To zróżnicowanie procesów wpływa na zmianę kształtu profilu zbocza. Z początkowo prostego, z biegiem czasu przekształca się w wypukło-wklęsły.

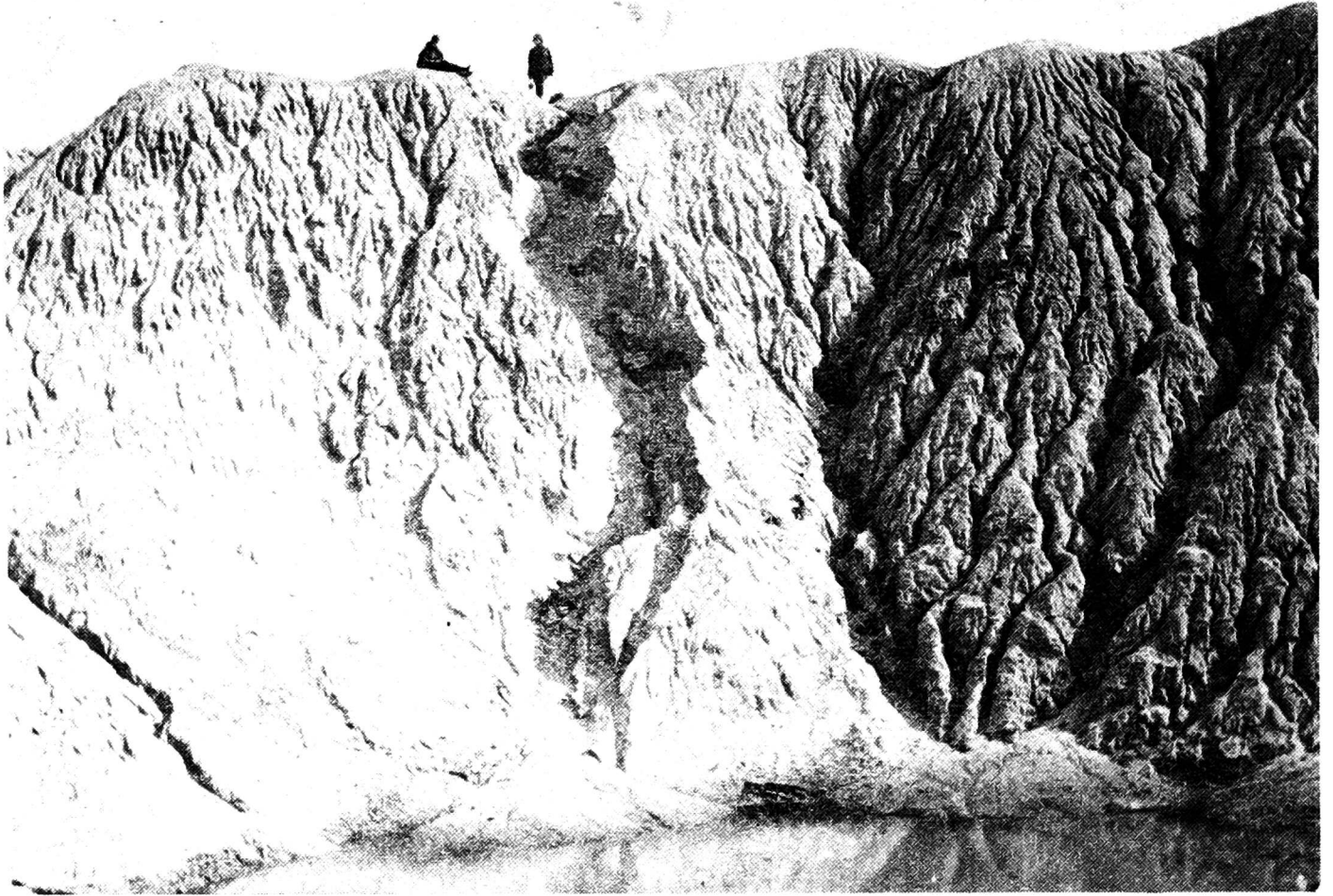
Na piaskach z domieszką frakcji pylastej panuje erozja linijna. Na całej długości stoku rozwijają się żłobiny, często o układzie dendrytycznym. Degradacja następuje tu najszybciej. Profil zbocza przyjmuje kształt wklęsły.

Zbocza zbudowane z piasków z domieszką żwirów są przekształcane przez spłukiwanie powierzchniowe oraz procesy grawitacyjne. Również w niewielkim stopniu działają tu procesy eoliczne. Woda spływając strużkami omija i podmywa większe żwirki, które wskutek zachwiania równowagi toczą się po zboczach i u jego podstawy tworzą formy usypiskowe. Zbocza takie mają na ogół kształt prosty, a ich nachylenie przybiera wartość kąta naturalnego zsypania materiału budującego.

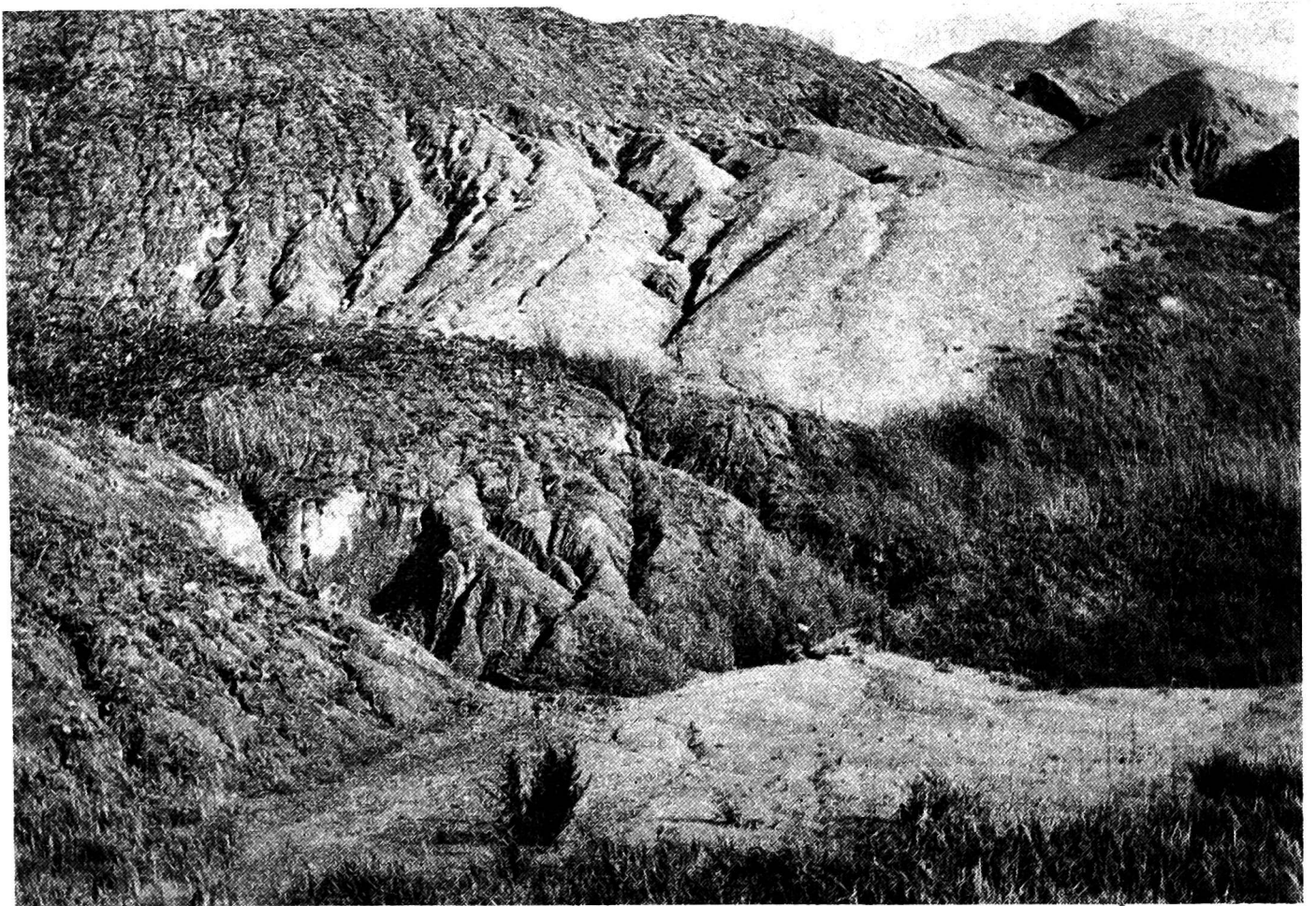
Z powyższych spostrzeżeń wynika, że w jednych odcinkach stoku przeważa erozja, w innych akumulacja. Tak więc denudacyjny bilans stoku [4] przyjmował wielkości i dodatnie i ujemne.

Duże formy powstają przede wszystkim na kontakcie piasku i iłu. Formą inicjalną są obniżenia powstałe jeszcze podczas zwałowania.

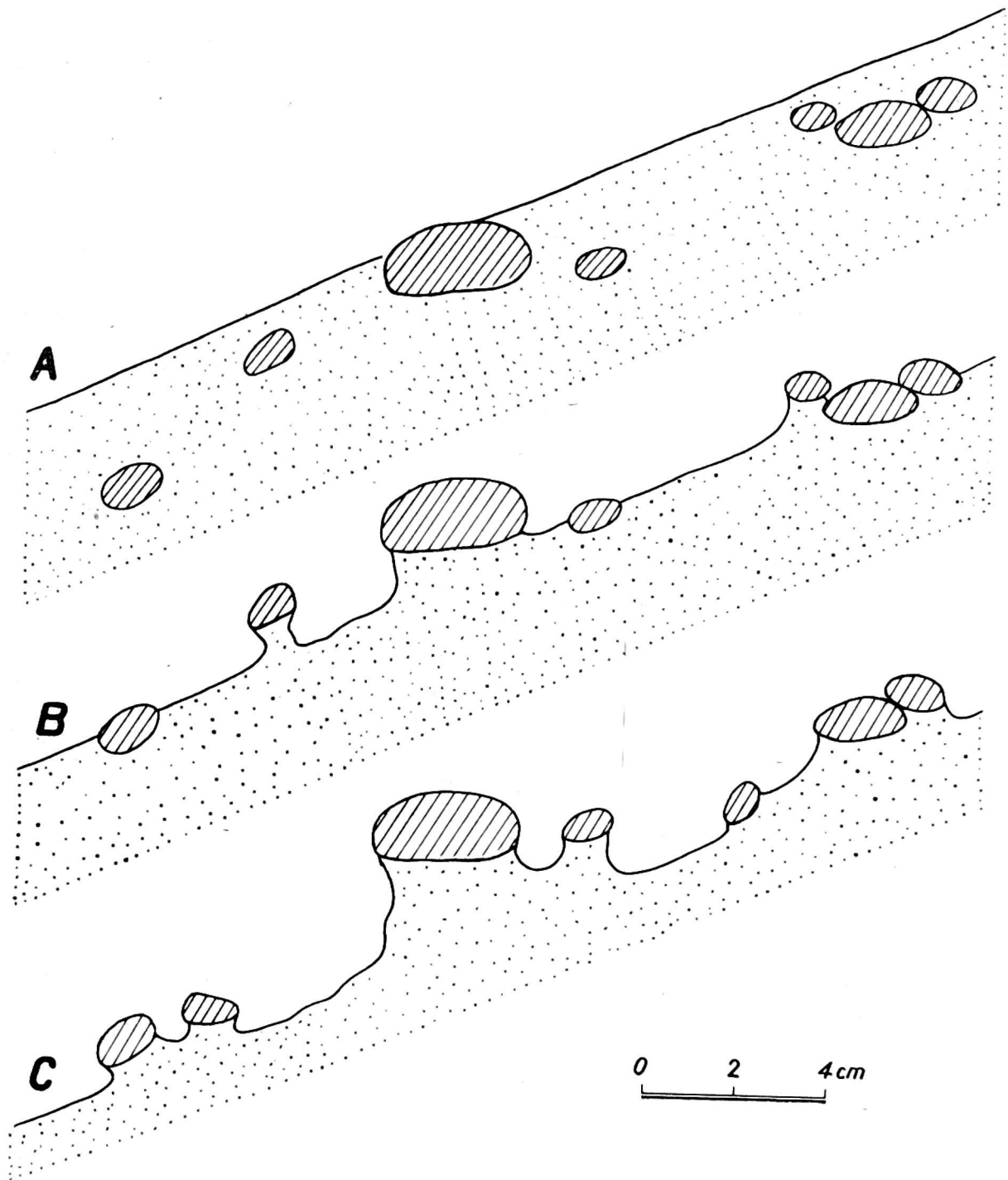
Rozmiary żłobin na zboczach piaszczystych (rys. 10) są większe niż na ilastych. Głębokość ich dochodzi do 20 cm, są one zwykle V-kształtne. Maksymalna ich długość wynosi ok. 20 m. Tempo rozwoju żłobin jest szybkie, zależne w dużym stopniu od charakteru opadów. Zdarzało się, że po większym deszczu były one całkowicie zasypane lub przeciwnie — przekształcały się w formy przypominające wąwóz, ze stromymi ścianami i dnem o niewyrównanym spadku. Głębokość takich wąwozów dochodziła



Rys. 10. Zbocza piaszczystego zwałowiska wewnętrznego pocięte żłobinami
(fot. K. Pękala)



Rys. 11. Zależność form erozyjnych od rodzaju materiału: piasek, il. U podnóża
zbocza widoczny stożek napływowy (fot. K. Pękala)



Rys. 12. Schemat rozwoju mikroform na stoku zbudowanym z piasków zawierających domieszkę żwirów

do 3 m, przy szerokości w części górnej 7 m, zmniejszającej się do 1 m w części dolnej i długości rzędu 30 m. Dna wąwozów mają spadek niejednorodny, występują w nich liczne progi o wysokości do 1 m. Ściany wąwozu, niejednokrotnie prawie pionowe, ulegają osypywaniu i obrywaniu. Materiał piaszczysty wynoszony jest z tych form na okoliczne pola i osadzany w postaci rozległych stożków napływowych (rys. 11).

Podobne formy związane są także z innym zjawiskiem, a mianowicie z wypływem wody spod zwałów. Jak wspomniano, układ warstw w profilu pionowym jest chaotyczny, mogą jednak zaistnieć warunki sprzyjające gromadzeniu się wody wewnątrz zwału. Następuje to przy kolejności warstw: przepuszczalne — nieprzepuszczalne. Woda wypływa z wnętrza

trza wąskimi strużkami i eroduje dolne fragmenty zboczy zwałów. Na obrzeżeniu zwału dużego w części zachodniej istnieje kilkanaście takich wypływów. Koryta wytworzone przez wypływające strużki wody są potem wykorzystywane i powiększane przez wody opadowe.

W piaskach zwałowanych znajduje się pewna ilość żwirów. Tam, gdzie drobniejsze części zostały usunięte na powierzchni powstały mikroformy przypominające wyglądem grzyby skalne. Rozwój ich był związany z bombardującą działalnością kropli deszczowych. Wybijały one piasek z sąsiedztwa żwiru, który stanowił ochronny „hełm” dla piasku pod nim leżącego. W ten sposób powstały słupy piaszczyste, których pokrywą stanowił otoczek (rys. 12). Rozwój tych mikroform ma charakter rotacyjny: powstałe w trakcie jednego deszczu są na ogół podmywane i niszczone podczas następnego deszczu. Równocześnie z niszczeniem starych form powstają nowe.

DYNAMIKA PROCESÓW RZEZBOTWÓRCZYCH

Badania szczegółowe prowadzono w obrębie obydwu kompleksów zwałów zewnętrznych. Na wytypowanych pasach sięgających od podnóża do wierzchowiny założono sieć reperów-stalowych szpilek (ok. 160 sztuk), a następnie mierzono ich wysokość. W momencie zakładania (jesień 1965 r.) części szpilek występujące ponad powierzchnią miały jednakową wysokość. Ponadto wykonywano pomiary niwelacyjne w obrębie pasów. Prowadzono także rejestrację i pomiary powstałych form. W obrębie badanego fragmentu występowały zarówno piaski jak i iły. Dane z pomiaru wysokości szpilek i niwelacja — posłużyły do określenia tempa rozwoju zjawisk morfogenetycznych. Wartości dotyczące rozwoju form erozji liniowej i obniżania się stoków są średnimi z okresu pięciu lat i należy traktować je jako orientacyjnie. Szczegółowe dane znajdują się w trakcie opracowywania.

W okresie od 1965 do 1970 r. z części piaszczystej w ciągu roku zmywana była warstewka miąższości 1 cm, zaś z ilastej warstewka miąższości 0,5 cm. Dostyc szybko następowało rozmywanie istniejących form erozji liniowej (żłobiny, wąwozy). Z pomiarów wynikało, że w przeciągu roku szerokość i głębokość takich form może wzrastać o kilka do kilkunastu cm. I tak np. głębokość wąwozu na zwale dużym wzrastała rocznie o 20—30 cm, zaś szerokość o 70 cm. U podnóża zwałów oraz na ich spłaszczeniach w obrębie zwału dużego, powstawały liczne stożki napływowe. Średni przyrost grubości stożków wynosił 1,5 do 2 cm rocznie.

Intensywność działania procesów denudacji pozostawała w ścisłym związku z ilością i rozkładem opadów. Np. 1966 r. odznaczał się dużą ilością opadów (ponad 880 mm). Nastąpiło znaczne nasycenie wilgocią materiału na zwałach, utrzymujące się aż do wiosny roku następnego. W konsekwencji tego większość wód roztopowych wiosną 1967 r. spływała po powierzchni, natomiast bardzo niewiele wody wsiąkało, przyczyniając się

do ożywienia erozji. Potwierdzają to wyniki pomiarów szpilek: wielkość zmian (*in + i in —*) była największa z całego okresu obserwacji. Odnotowano też zjawisko odwrotne: przesuszenie materiału spowodowane małą ilością opadów w jesieni 1969 r. stworzyło warunki sprzyjające ożywieniu erozji eolicznej oraz wsiąkaniu wód roztopowych wiosną 1970 r. Pomiarzy szpilek wykonane wiosną 1970 r. wykazały minimalne zmiany wysokości szpilek, co świadczyłoby o zwolnieniu tempa ablacji i erozji.

Okres obserwacyjny obejmujący wszystkie pory roku i to w różnych latach pozwolił na poczynienie szeregu spostrzeżeń nad zależnością procesów erozji i denudacji od pory roku. W zimie, gdy zwały okryte są śniegiem, procesy erozji wodnej są zahamowane. Jedynym procesem działającym w tej porze roku jest erozja eoliczna (niveo-eoliczna — por. Jahn 1969) polegająca na wywiewaniu drobnego materiału ze zwałów oraz wyjątkowo na nawiewaniu cząstek glebowych z przyległych pól [11]. Wczesna wiosna związana jest z dużymi dobowymi amplitudami temperatur powietrza co jest powodem występowania, sporadycznie co prawda, sezonowej soliflukcji. Brak szaty roślinnej był przyczyną, że pierwsze wiosenne deszcze rozmywały żłobiny na zboczach zwałów. Zwykle formy te były jednak niewielkie. Większość wód spływała a nie wsiąkała i temu należy przypisać fakt wzrostu stożków napływowych, notowany każdej wiosny. Właściwa, intensywna erozja i denudacja związana jest z okresem deszczów letnich. Prawie corocznie stwierdzano, iż następowało po nich znaczne pogłębienie istniejących żłobin. Wiele z nich przekształciło się w wąwozy. Także z okresem letnim związane było powstawanie bezodpływowych jezior w obrębie zwałów oraz wietrzenie fizyczne ilów w okresie posuchy. W jesieni, która często bywa sucha i pogodna, następowało zahamowanie procesów erozji wodnej i ożywienie erozji eolicznej. Późnojesienne opady nie powodowały większego niszczenia stoków, gdyż materiał chłonał wodę. Z okresem tym wiąże się jedynie wzrost ilości wody wypływającej spod zwałów.

ZAKOŃCZENIE

Jak wynika z prowadzonych obserwacji, ogólnie tempo działania procesów denudacji w okresie 1965—1970 r. nie było zbyt duże. Przyczyną tego był niewątpliwie fakt iż w okresie tym nie było bardzo obfitych gwałtownych deszczów, które zwykle powodują większe szkody niż często padające deszcze o niedużym natężeniu. Należy równocześnie pamiętać, że zwały leżą na terenie znajdującym się w zasięgu leja depresyjnego czynnej kopalni co spowodowało obniżenie poziomu wód gruntowych, a więc przesuszenie.

Celowość prowadzenia badań procesów denudacji na zwałach można rozpatrywać w dwu aspektach. Z jednej strony zwały stanowią laboratorium polowe dla badań współczesnych procesów rzeźbotwórczych, do-

starczając cennych materiałów porównawczych o znaczeniu ogólnym. W tym zakresie odczuwa się brak obserwacji eksperymentalnych dotyczących rozwoju stoku we współczesnych warunkach klimatycznych. Drugi zaś aspekt — wiąże się z zagadnieniem zagospodarowania zwałów. Jest bowiem rzeczą konieczną poprzedzenie wszelkich prac rekultywacyjnych melioracjami przeciwoerozyjnymi, czyli zabiegami mającymi na celu przeciwdziałanie i hamowanie erozji [13, 14]. Wpływ leja depresyjnego stwarza warunki sprzyjające stabilizacji zwałów. Stan taki należy wykorzystać na założenie umocnień i wprowadzenie roślinności tak, aby zabezpieczyć zwał jeszcze przed podniesieniem się poziomu wód gruntowych, które nastąpi po ukończeniu eksploatacji złoża.

LITERATURA

1. Babiarz M.: Problemy geologiczno-inżynierskie związane z naruszeniem calizny nadkładu złoża siarki w rejonie Tarnobrzega. Przew. XXXVIII Zjazdu PTGeol. Tarnobrzeg 1965, Warszawa 1965.
2. Gerlach T.: Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajcarka (Beskid Wysoki — Karpaty Zachodnie). Pr. geogr. nr 52, IG PAN Warszawa 1966.
3. Gumiński R.: Próby wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce. Pr. meteor. t. II, z. 3, Warszawa 1951.
4. Jahn A.: Denudacyjny bilans stoku. Czas. geogr. t. XXV, z. 1—2 1954.
5. Jahn A.: Niveo-eoliczne procesy w Sudetach i ich działanie na glebę. Kom. Zagosp. Ziem Górskich PAN z. 5/18, Kraków 1969.
6. Mycielska-Dowgiałło E.: Próba rekonstrukcji warunków paleohydrodynamicznych rzeki na podstawie badań sedimentologicznych w dolinie Wisły pod Tarnobrzegiem. Pr. geogr. t. XLI, z. 3. 1969.
7. Pawłowska K.: Syntetyczny opis litostratygraficzny osadów miocenu na obszarze między Chmielnikiem a Sandomierzem. Przew. XXXVIII Zjazdu PTGeol. Tarnobrzeg 1965. Warszawa 1965.
8. Pawłowski S., Pawłowska K., Kubica B.: Kopalnia siarki w Piasecznie. Przew. XXXVIII Zjazdu PTGeol. Tarnobrzeg 1965, Warszawa 1965.
9. Pilawska J.: Przeobrażenia środowiska geograficznego i rekultywacja w polskich zagłębiach węgla brunatnego. Czas. geogr. t. XXXVIII, z. 2, 1967.
10. Pulinowa M.: Geomorfologiczne metody badania zwałowisk na przykładzie zagłębia turoszowskiego. Czas. geogr. t. XXXVIII, z. 3, 1967.
11. Repelewska J.: Procesy erozyjne na zwałach kopalnianych. Czas. geogr. t. XXXIX, z. 1, 1968.
12. Repelewska J.: Erozionprozesse der Kippen der Schwefelgrube. IV Symposium über die Wiedernutzbarmachung der durch die Industrie devastierten Territorien. Leipzig. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, 1970.
13. Ziemnicki S., Repelewska J.: Przewodnik Zjazdu Erozyjnego. Kat. Melior. Rol. WSR w Lublinie, z. 1, PWR i L, Warszawa 1968.
14. Ziemnicki S.: Die Lösung des Problems der Wasserverhältnisse als Grundlage zur Rekultivierung einer Kippe. IV Symposium über die Wiedernutzbarmachung der durch die Industrie devastierten Territorien. Leipzig. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, 1970.

ЯНИНА РЕПЕЛЕВСКА-ПЕНКАЛЁВА

ДЕНУДАЦИЯ НА СВАЛКАХ КАРЬЕРА СЕРНОГО РУДНИКА В ПЯСЕЧНО

Резюме

Анализ и оценка процессов современной денудации проводились по данным из 5-летних полевых исследований. Исследования касались таких процессов как: массовые движения (оползни, просадка, сезонная солифлюкция), водная и эоловая эрозия.

Свалки слагают третичные и четвертичные пески различной грануляции, а также тортонские и сарматские глины (табл. 1, 2). Пески содержат примесь гравия. Эти образования представляют смесь как по вертикали так и в горизонтальном простирании (рис. 3). Высота свалок достигает 20—40 м. Песчаные склоны свалок наклонены около 30° , глинистые — от 8° — до 42° .

Ход денудационных процессов приобретал разные формы и размеры в зависимости от состава материала слагающего склоны. В пределах глинистого материала образовывались оползни и размоины (рис. 4, 7). Пески подвергались как эоловой так и водной эрозии и абляции. В результате эоловой эрозии происходило накопление крупного материала а более мелкий материал отлагался в углублениях и на подветренных склонах (рис. 8). Под влиянием текущей воды развивались размоины и малые овраги, а у подножий склонов — конусы выноса (рис. 10, 11). Процессы абляции формировали микроформы, развитие которых представлены на рис. 12.

Количественные исследования интенсивности процессов показали, что на протяжении года из песчаной части свалок смывается слой мощностью в среднем 1 см, из глинистой же около 0,5 см. Средний годовой рост мощности конусов выноса составлял 1,5—2,0 см. Темп хода процессов в значительной степени зависит от количества и времени атмосферных осадков.

JANINA REPELEWSKA-PEKALOWA

DENUDATION ON THE SULPHUR QUARRY DUMPS
IN PIASECZNO

Summary

The analysis and estimation of processes of contemporary denudation was made on the basis of 5 year land survey. Investigations concerned the following processes: soil mass movement (soil slip, soil subsidence, soil creep, seasonal solifluction), water and eolic erosion.

The dumps are built of tertiary and quaternary sands of different granulation and of tortonic and sarmatic loams (Tables 1, 2). The sands contain an admixture of gravel. These formations are mixed up in a perpendicular profile and superficially (Fig. 3). The dumps are from 20 to 40 m high. Sandy slopes of the dumps slant 30° and loamy slopes slant $8-42^\circ$.

The activity of denudation processes has been taking different forms and dimensions depending on the kind of the structural material of the slope. Within loamy part the land slides and rills are formed (Fig. 4, 7). The sands were the subject to eolic erosion, water erosion, and ablation. As a result of eolic erosion a deflation pavement was formed and the fine material was deposited in hollows and on leeward slopes (Fig. 8). Owing to flowing water rills and gullies and sedimentation cones at the base of the slopes were developed (Fig. 11). Fig. 12 shows the development of microforms due to ablation.

Quantitative investigations of the intensity of the processes proved that in one year from the sandy part of the dumps a layer of about 1 cm is washed off and from a loamy part — about 0.5 cm. The average annual increase of the thickness of sedimentation cones was 1.5—2.0 cm. The rate of the process activity depends to a high degree on the amount and distribution of rainfalls.