

Janina REPELEWSKA-PEKALOWA

**Współczesne procesy morfogenetyczne na zwałach kopalnianych
(na przykładzie odkrywkowej kopalni siarki w Piasecznie)**

Современные морфогенетические процессы в отвалах
(на примере серного рудника в Пясечно)

Contemporary Morphogenetic Processes on Quarry Dumps
(Using the Sulphur Quarry in Piaseczno as an Example)

WSTĘP

Charakterystycznym elementem krajobrazu regionów górniczych są formy nazywane zwałami lub hałdami. W ostatnich latach, w związku z akcją rekultywacji nieużytków przemysłowych, zwały kopalniane stały się przedmiotem zainteresowania specjalistów różnych gałęzi wiedzy (9, 12, 15, 42, 47, 49, 50). Jednak problem przekształcania zwałów przez procesy geomorfologiczne znalazł odbicie w stosunkowo nielicznych opracowaniach (6, 31, 33, 35, 36). Zwały, podobnie jak wszystkie formy wypukłe, narażone są na działanie denudacji, zaś fakt, że odbywa się to w ściśle określonym czasie, skłania do prowadzenia obserwacji charakteru i dynamiki procesów morfologicznych.

Badania na zwałach odkrywkowej kopalni siarki w Piasecznie rozpoczęto w r. 1965 i kontynuowano do r. 1970. W ramach badań, na tle ogólnej charakterystyki działających tam procesów geomorfologicznych, podjęto próbę określenia dynamiki niektórych z nich. Możliwe stało się też poczynienie szeregu spostrzeżeń odnoszących się do sposobu przekształcania stoków zbudowanych ze skał luźnych. W pięcioletnim okresie prowadzenia obserwacji kilkakrotnie przeprowadzono kartowanie geomorfologiczne, które dało obraz przestrzennego rozmieszczenia powstałych form rzeźby. Dynamikę procesów określano w oparciu o pomiary wysokości metalowych szpilek-reperów umieszczonych na zboczu oraz na podstawie pomiarów objętości żłobin.

Materiał, z którego zbudowane są zwały, został zbadany pod względem właściwości fizycznych i chemicznych (38); zwrócono również uwagę na sukcesję roślinną oraz przebieg stanów pogodowych.

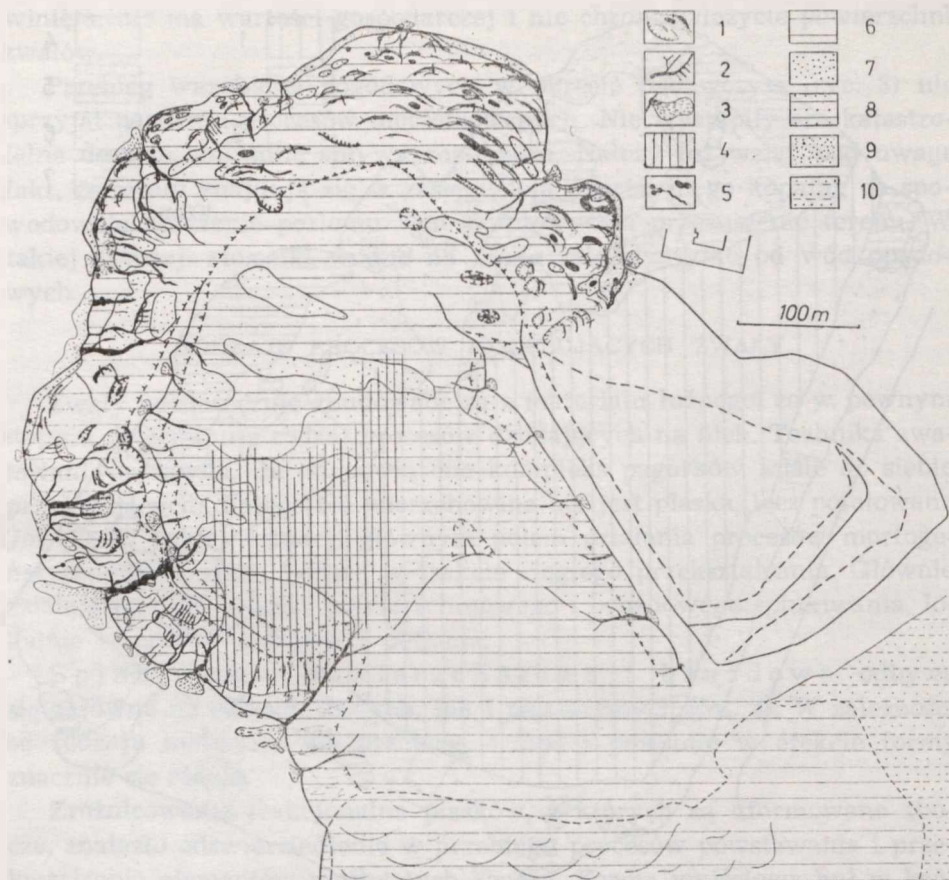
OGÓLNE WARUNKI DZIAŁANIA PROCESÓW MORFOGENETYCZNYCH NA ZWAŁACH

Kompleks zwałów o wysokości względnej 20—45 m i nachyleniu zboczy 8—42° został usypany w obrębie dna doliny Wisły, w pobliżu miejscowości Skrzypaczowice i Krowia Góra (w odległości około 26 km od Sandomierza). Terasa, na której znajdują się zwały, posiada wysokości bezwzględne wahające się w granicach 147—151 m n.p.m. Znaczne różnice wysokości tej formy wiążą się z występowaniem licznych starorzeczy, niekiedy wypełnionych wodą przed wysuszeniem terenu związanym z eksploatacją siarki (40, 48). Obecnie wód powierzchniowych w pobliżu zwałów nie ma.

Eksploatowana siarka występuje w poziomie osadów chemicznych miocenu, znajdujących się na różnych głębokościach (26, 28, 29). Najpłycej, bo na głębokości około 20 m, zalegają one w rejonie Piaseczna, zaś dalej na wschód występują na głębokości przeszło kilkudziesięciu metrów. Nadkład złoża stanowią ilaste osady sarmatu (iły krakowieckie) oraz gruba piaszczysto-żwirowa seria plejstocenska (2, 25). W spągu złoża znajduje się seria piasków baranowskich o znacznej miąższości. Zgeneralizowany profil geologiczny przedstawia się następująco: pod cienką (do 1,5 m) warstwą gleby zalega seria utworów czwartorzędowych o miąższości do kilkunastu metrów. Są to głównie piaski pochodzenia fluwialnego, zróżnicowane pod względem uziarnienia, wysortowania, barwy, zawartości żwirów. Pod piaskami znajduje się poziom z otoczkami o średnicach do 3 cm (okruchy wapienia, piaskowca, granitu, kwarcytu, krzemienia). Niżej zalega seria ilów krakowieckich o zmiennej miąższości (od 3,5 do 7 m). Pod ilami leży seria wapieni zawierających siarkę. Warstwa siarkonośnych wapieni podścielona jest serią piasków baranowskich o znacznej miąższości. Strop tej serii w Piasecznie znajdował się na głębokości od 22 do 30 m poniżej powierzchni terenu.

Zwały zbudowane są z nadkładu serii siarkonośnej, a więc głównie z ilów i piasków. Szkic przestrzennego rozmieszczenia utworów w obrębie kompleksu zwałów zewnętrznych przedstawiono na ryc. 1 i 2.

Piaski o barwie jasnożółtej, ciemnożółtej i żółtorudej zawierają zwykle domieszkę pyłów oraz żwirów o średnicy do 2 cm. Zawartość frakcji szkieletowej wynosiła od 5,1 do 31,4%. Ciężar właściwy: 2,59—2,79 G/cm³, a objętościowy: 1,57—1,7 g/cm³. Wartość współczynnika przepuszczalności wahała się w granicach od 0,005005 do 0,018964 cm/s. Stwierdzono występowanie węglanu wapnia (od 1,79 do 2%) oraz niewielkie

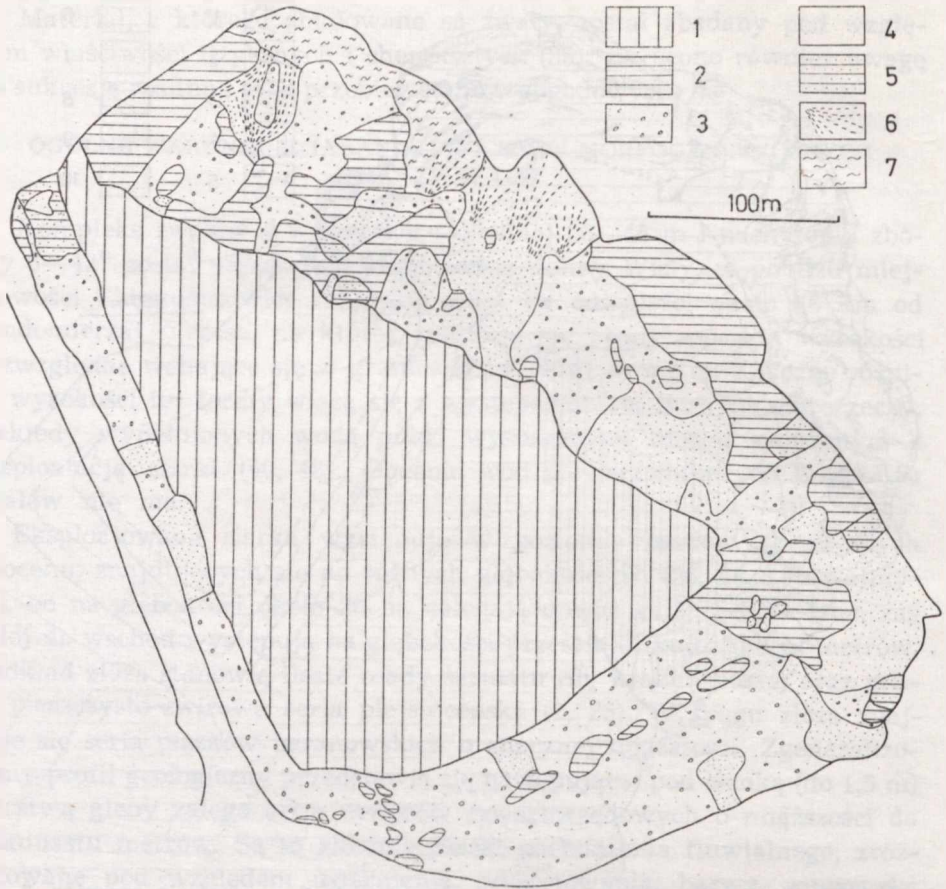


Ryc. 1. Rzeźba i geologia zwał; 1 — strefy osuwisk, 2 — rozcięcia erozyjne, 3 — stożki napływowe, 4 — strefy zjawisk eolicznych, 5 — źródła i jeziora, 6 — utwory ilaste, 7 — piaski ze żwirami, 8 — utwory ilaste i piaszczyste, 9 — wyciśnięte torfy i aluwia, 10 — piaski i ły zwał wewnętrznego

The relief and geology of dumps; 1 — landslide areas, 2 — erosion furrows, 3 — alluvial cones, 4 — areas of aeolian phenomena, 5 — springs and lakes, 6 — loamy formations, 7 — sand with gravel, 8 — loamy and sand formations, 9 — extracted peat and alluvium, 10 — sand and loam inside the dump

ilości siarki; pH kształtowało się w granicach 6,9—8,1, co odpowiada odczynowi zasadowemu.

Iły mają barwę szarą i szaroniebieską. Znajdowały się w nich niewielkie ilości żwirów i piasków. Zawartość frakcji szkieletowej wahała się w granicach 1,5—2,5%. Ciężar właściwy wynosił od 2,71 do 2,74 G/cm^3 , a objętościowy od 1,4 do 1,5 g/cm^3 . Zawartość węgla wapnia dochodziła do 26,3%, a siarki do 2,3%. Iły posiadały, podobnie jak piaski, odczyn zasadowy. Granica plastyczności wynosiła od 24 do 27%, a płynności — od



Ryc. 2. Szkic geologiczny; 1 — wyrównana wierzchowina, 2 — utwory ilaste, 3 — piaski ze żwirami, 4 — piaski, 5 — piaski na ilach, 6 — stożki napływowe, 7 — wyciśnięte torfy i aluwia

Geological sketch; 1 — upland areas of the dump, 2 — loamy formation, 3 — sands with gravel, 4 — sands, 5 — sands on loam, 6 — alluvial cones, 7 — extracted peat and alluvium

58 do 65%. Zarówno piaski, jak i ły nie zawierały związków toksycznych.

Wkraczanie roślinności na zwały odbywa się bardzo powoli. Roślinność reprezentowały przeważnie pionierskie zbiorowiska ruderalne. Stwierdzono, że po upływie pewnego czasu gatunki ruderalne ustępują i pojawiają się gatunki trwałe, ziola wieloletnie, drzewa i krzewy, takie jak: *Salix fragilis*, *Pinus silvestris*, *Betula verrucosa*, *Populus tremula*, *Juniperus communis*, *Fraxinus excelsior*. Są one jednak skarłowaciałe. Ogólnie stwierdza się, że wkraczająca samoistnie roślinność jest dość słabo roz-

winięta, nie ma wartości gospodarczej i nie chroni należycie powierzchni zwałów.

Przebieg warunków pogodowych w okresie badawczym (ryc. 3) nie sprzyjał nasileniu procesów morfologicznych. Nie wystąpiły ani katastrofalne deszcze, ani silne spływy roztopowe. Należy też wziąć pod uwagę fakt, że zwały znajdują się w zasięgu leja depresyjnego kopalni, co spowodowało obniżenie poziomu wód gruntowych i przesuszenie terenu. W takiej sytuacji stosunki wodne na zwale zależały tylko od wód opadowych.

RODZAJE PROCESÓW MODELUJĄCYCH ZWAŁY

Zwały w Piasecznie zbudowane są z materiału luźnego, co w pewnym stopniu determinuje rodzaj procesów działających na nich. Technika zwalowania sprawiła, że stanowią one kompleks pagórków ściśle do siebie przylegających, dlatego też wierzchowina nie jest płaska, lecz pofalowana (fot. 1). W takiej sytuacji głównym polem działania procesów morfogenetycznych są stoki, będące w trakcie ciągłego przekształcania. Głównie działają na nich procesy powierzchniowego i bruzdowego spłukiwania, lokalnie — ruchy masowe i deflacja.

Spłukiwanie powierzchniowe i bruzdowe odbywa się zarówno na stokach ilastych, jak i piaszczystych (fot. 4). W zależności od rodzaju materiału ich przebieg, tempo i powstałe w efekcie formy znacznie się różnią.

Zróznicowanie frakcjonalne piasków, z których są uformowane zbocza, znalazło odzwierciedlenie w przebiegu procesów powstawania i przekształcania elementów rzeźby tych zboczy. Formą wyjściową był w każdym przypadku stok prosty o nachyleniu około 30° .

Zbocza zbudowane z piasków zawierających domieszkę żwirów są przekształcane przez kilka procesów działających równolegle. Początkowo działa erozja selektywna (17), w efekcie której drobne cząstki zostają usuwane z powierzchni. W tym czasie powstają mikroformy przypominające wyglądem grzyby skalne (fot. 3). Rozwój ich jest związany z bombardującym działaniem kropel deszczowych, które uderzając w powierzchnię wybijają drobne cząsteczki gruntu w sąsiedztwie żwirów. Pojedynczy żwirek stanowi ochronny hełm dla piasku leżącego pod nim, wobec czego taka akcja powoduje powstawanie słupów piaszczystych o wysokości dochodzącej do 4 cm. Rozwój tych form ma charakter rotacyjny. Powstałe w trakcie jednego deszczu są zwykle podmywane i niszczone podczas deszczu następnego. Jednocześnie z likwidowaniem starych form powstają nowe. Takie mikroformy opisywane były między innymi przez Bennetta (3) oraz Kalinina (20). Na zboczach o większym nachyleniu, żwirki wytrącone z pierwotnego położenia toczą się pod wpływem

własnego ciężaru i tworzą niżej stożek usypiskowy (fot. 8). Na stokach o mniejszym nachyleniu następuje stopniowe „wzbogacanie” powierzchni w materiał zwirowy (fot. 12) hamujący procesy ablacji (37). Równolegle z opisanym wyżej procesem odbywało się splukiwanie bruzdowe. Spływająca pomiędzy żwirami woda tworzyła dość kręte żłobiny na powierzchni zbocza. Znacznie więcej żłobin powstawało w górnej części zbocza, przy czym były one płytkie (około 10 cm) i wąskie (4—5 cm). Stopniowo następowało łączenie się mniejszych żłobin i w dolnej części zbocza pozostawało ich już niewiele; były one jednak znacznie szersze (15—20 cm) i głębsze (20—30 cm). Żłobinki stale ulegały powiększaniu wskutek osypywania się luźnego materiału ścianek; powierzchnie oddzielające poszczególne żłobinki były wyraźnie wypukłe. Zbocze porozcinane takimi żłobinami stanowi miniaturę krajobrazu typu „badland” (41).

Na zboczach zbudowanych z piasków pylastych najważniejszym procesem jest splukiwanie bruzdowe (mniejsze wsiąkanie, spływ skoncentrowany). Żłobiny powstające na powierzchni rozcinają zbocze od góry do podnóża i mają one przebieg prostoliniowy z lekką tendencją do meandrowania. Żłobiny te są dość głębokie i szerokie (głębokości 20—30 cm, szerokości 40—50 cm), zwykle zakończone stożkami napływowymi. Rozwój ich odbywa się zarówno przez pogłębianie, jak i poszerzanie. Często dochodzi do znacznego rozmycia żłobin i powiększenia ich rozmiarów aż do szerokości 1,5 m i głębokości około 2 m przy długości rzędu 20 m. W dolnej części takich zboczy następuje akumulowanie materiału pochodzącego z górnych partii stoku. Jest to więc przykład stoku z rozwiniętym odcinkiem akumulacji. Podobny sposób przekształcania stoku opisuje B u b i e ń (4). Zwykle zbocza piaszczysto-pylaste przybierają kształt wklęsły i wklęsło-wypukły (ryc. 4c).

W obrębie zboczy zbudowanych z dobrze wysortowanych piasków drobno- i gruboziarnistych wydzielono trzy strefy działania różnych procesów. W górnym odcinku odbywa się splukiwanie powierzchniowe, rozproszone. Ilość płynącej wody jest niewielka, gdyż część wsiąka, reszta zaś jest przeladowana materiałem. Stopniowy ubytek wody i wzmożone tarcie powodują osadzanie się materiału w środkowej części stoku, w postaci nieregularnych stożków (ryc. 4a, b). Nachylenie tej części jest większe od 30° . Wiąże się to ze wzrostem uwilgotnienia, wpływającego na zmianę kąta tarcia wewnętrznego (45). Żywot takich form akumulacyjnych jest jednak dość krótki, gdyż istnieją tylko do momentu wyschnięcia piasku. Suchy piasek osypuje się i zbocze ponownie osiąga w tym miejscu nachylenie wyjściowe. Utrzymuje się stok prosty, chociaż złagodzony (ryc. 4a). Często w dolnej części zbocza w wyniku skoncentrowanego spływu wody tworzą się żłobiny. Niektóre z nich zostają „wypełnione” po następnych deszczach, inne pogłębiają się i poszerzają. Zróż-

nicowanie procesów działających na stoku wpływa na zmianę jego kształtu: początkowo prosty, z biegiem czasu zmienia się w wypukło-wklęsły (ryc. 4b). Górny odcinek stoku ma zatem bilans denudacyjny ujemny, zaś dolny — dodatni (16).

Żłobiny na zboczach piaszczystych, początkowo niewielkie, po upływie pewnego czasu ulegają przekształcaniu w formy o charakterystycznych stromych ścianach i niewyrównanym dnie. Ze względu na mechanizm powstawania i morfologię formy te można nazwać *debrami*. W obrębie całego kompleksu zwałów powstawały debry różnej wielkości o głębokości wynoszącej od 1 do 3 m, szerokości od 2 do 7 m. Ściany ich miały nachylenie zgodne z kątem naturalnego zsypu piasków, czyli około 30° . W przypadku podcięcia od dołu były one nawet niemal pionowe, ale zwykle nietrwałe. W obrębie dna występowały progi erozyjne wysokości do 1 m. Wygląd form wskazywał, że znajdowały się one w różnych stadiach rozwoju (44). Przyczyną ich powstawania był spływ wód z partii wierzchowinowych (fot. 5) oraz okresowy wypływ spod zwałów. Następuje to wówczas, gdy w zwałowisku powstaną lokalne poziomy wodonośne związane z naprzemianległym zaleganiem warstw przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych. Rozwój debr przebiegał skokowo, w ścisłej zależności od intensywności opadów deszczu, szczególnie latem. Działanie erozyjne deszczów było tym silniejsze, im dłużej trwał poprzedzający okres suchy. Suchy piasek charakteryzuje się bowiem tym, że początkowo wsiąkanie jest utrudnione ze względu na otoczkę powietrza wokół ziarenek, w związku z czym następuje koncentracja wody i jej powierzchniowy spływ w większych ilościach.

Materiał wynoszony z debr osadzał się u ich wylotu w postaci stożków napływowych; transportowany przez wodę, jednocześnie ulegał segregacji: żwir i gruby piasek znajdowany był u podnóża zwału, drobniejszy piasek — w odległości 2—5 m, najdrobniejszy materiał w odległości 20—30 m. Stożki napływowe osiągały niekiedy znaczne rozmiary; jeden z większych miał długość 35 m, szerokość 17 m, miąższość 0,7 m. Po większych deszczach w lecie materiał wynoszony był daleko poza zwał i osadzany na terenie uprawnych pól, przylegających do zwałów.

Proces splukiwania miał nieco inny przebieg na zboczach zbudowanych z ilów. Ił przenoszony taśmociągami na zwałowisko jest zwykle uwilgotniony, zaś drgania powodują jego homogenizację. Właściwości fizyczne zwałowanego materiału są wówczas nieco inne niż materiału *in situ*. Powyższe stwierdzenie dotyczy szczególnie plastyczności, która ulega zwiększeniu (1). Złożony na zwale ił stopniowo wysycha, o czym świadczy powstająca na jego powierzchni sieć pęknięć (fot. 6). Pęknięcia dzielą powierzchnię na nieregularne wieloboki o wielkości średnio 25 cm^2 . Szerokość szczelin między wielobokami dochodzi maksymalnie do 1 cm, ale

na ogół jest mniejsza. Podobne pęknięcia uzyskiwano eksperymentalnie (5). Pęknięcie powierzchni ilastej jest pierwszym procesem, który odbywa się na świeżo uformowanym zboczach ilastym i odgrywa rolę procesu przygotowawczego dla splukiwania. Ił z uwagi na swe właściwości fizyczne jest prawie nieprzepuszczalny, ale w przypadku powierzchni „przygotowanej” przez szczeliny, będące wynikiem wysychania, woda ma zadanie ułatwione. W wyniku splukiwania bruzdowego powstają na zboczach żłobiny, które rozwijając się i łącząc przyczyniają się do wytworzenia specyficznej mikrorzeźby zbocza. Gęsto poślizbione zbocze przypomina wyglądem mapę plastyczną niezwykle rozwiniętego dorzecza. Średnia gęstość żłobin wynosi w części górnej około 6 m/m^2 , a w części dolnej około 11 m/m^2 . Żłobiny wytworzone na powierzchni pozbawionej roślinności istnieją i rozwijają się nawet po wkroczeniu roślinności.

Na uwagę zasługuje zjawisko nie związane bezpośrednio ze splukiwaniem, ale odbywające się także w obrębie ilastej części zwałów. W zagłębieniach bezodpływowych, które powstawały między poszczególnymi pagórkami zbudowanymi z ilów, w okresach deszczowych stagnowała woda tworząc „jeziorka”. Na dnie osadzał się materiał ilasty splukany ze zboczy. Woda z tych jezierek częściowo parowała, częściowo zaś wsiąkała, co prowadziło do stopniowego kurczenia się ich powierzchni. Poczawszy od brzegów, wysychający materiał ilasty zaczynał pękać tworząc wielościany o podstawie trapezów i trójkątów (fot. 7), których wielkość i kształt uzależniony był od grubości warstwy iłu i prawdopodobnie od szybkości wysychania. Odległości pomiędzy poszczególnymi wielościanami dochodziły do 10 cm. W miarę wysychania wielościany zaczynały dzielić się na mniejsze. Wysychaniu towarzyszyło wyginanie się powierzchni poszczególnych wielościanów i powstawanie „łusek” o brzegach wywiniętych ku górze. Podwijanie się brzegów w tym kierunku jest typowe dla powierzchni wysychającej od góry (39). Najbardziej regularne i największe wielościany powstawały w środkowej, najgłębszej części jeziorka. Warstwa osadu dennego w tej części była najgrubsza i składała się z najdrobniejszych cząstek, gdyż woda transportująca materiał ze zboczy dokonywała segregacji. Opisane zjawisko wysychania ilów przypomina początkową fazę procesu zwanego w geomorfologii „wietrzeniem fizycznym wskutek wysychania”. Przy tego rodzaju wietrzeniu szczeliny powstałe na skutek utraty wody są stopniowo poszerzane przez wody spływające po powierzchni tak, że po upływie pewnego czasu wierzchnia warstwa zostaje zniszczona i odsłania się głębsze podłoże. W przypadku ilastych części zwałów, powstałe szczeliny istnieją jedynie w okresach bezdeszczowych. Podczas deszczu są rozmywane przez wodę i na zboczach przekształcane w żłobiny, natomiast w zagłębieniach wzrost uwilgotnienia ilów powoduje ich pęcznienie i częściowe „spojenie” popęka-

nej powierzchni. Poza tym spływające ze zboczy wody przynoszą nowy materiał, który zostaje osadzony w szczelinach. Wysychania ilów w zagłębieniach bezodpływowych nie można więc nazwać „wietrzeniem” *sensu stricto*, gdyż, poza rzadkimi zresztą przypadkami porywania suchych łusek przez wiatr, nie odbywa się degradowanie powierzchni.

Ruchy masowe. Do procesów rozwijających się na zwałach pod wpływem siły grawitacji należą: osypywanie, osuwanie i sezonowa soliflukcja.

Osypywanie odbywa się na ścianach debr powstających w obrębie zboczy piaszczystych. Dzieje się to zarówno w formach większych o głębokości rzędu 2—3 m, jak i przy płytkich rozcięciach o głębokości do 1 m. Mechanizm działania procesu jest dosyć prosty. W czasie silniejszego deszczu działa erozja liniowa, która pociąga za sobą pogłębianie istniejących wcześniej żłobin czy debr. Wcinanie to powoduje zachwianie równowagi zbocza-ściany debry, w wyniku czego piasek przemieszcza się ku dołowi. Nie odbywa się to jednocześnie z wcinaniem (podczas deszczu), lecz nieco później, w czasie wysychania i już po wyschnięciu materiału. Osypujący się piasek tworzy formy przypominające stożki usypiskowe „podpierające” ścianę (fot. 8 i 9). Następne deszcze powodują usuwanie się luźnego, obsypanego materiału i pogłębianie dna, po czym ponownie następuje osypywanie się ścian. Działanie tego procesu ma więc charakter cykliczny, a jego efektem jest poszerzanie form powstałych w wyniku erozji liniowej. W miarę rozwoju debr proces wcinania słabnie, a obsypany materiał nie jest wynoszony, lecz gromadzi się u podstawy i w dolnej części ściany. Powoduje to stopniowe łagodzenie stromizny ściany, w wyniku czego tworzy się charakterystyczny stok usypiskowy. Po złagodzeniu nachylenia, osypywanie przestaje w ogóle się odbywać i zanika, a następnie rozwija się splukiwanie powierzchniowe i bruzdowe.

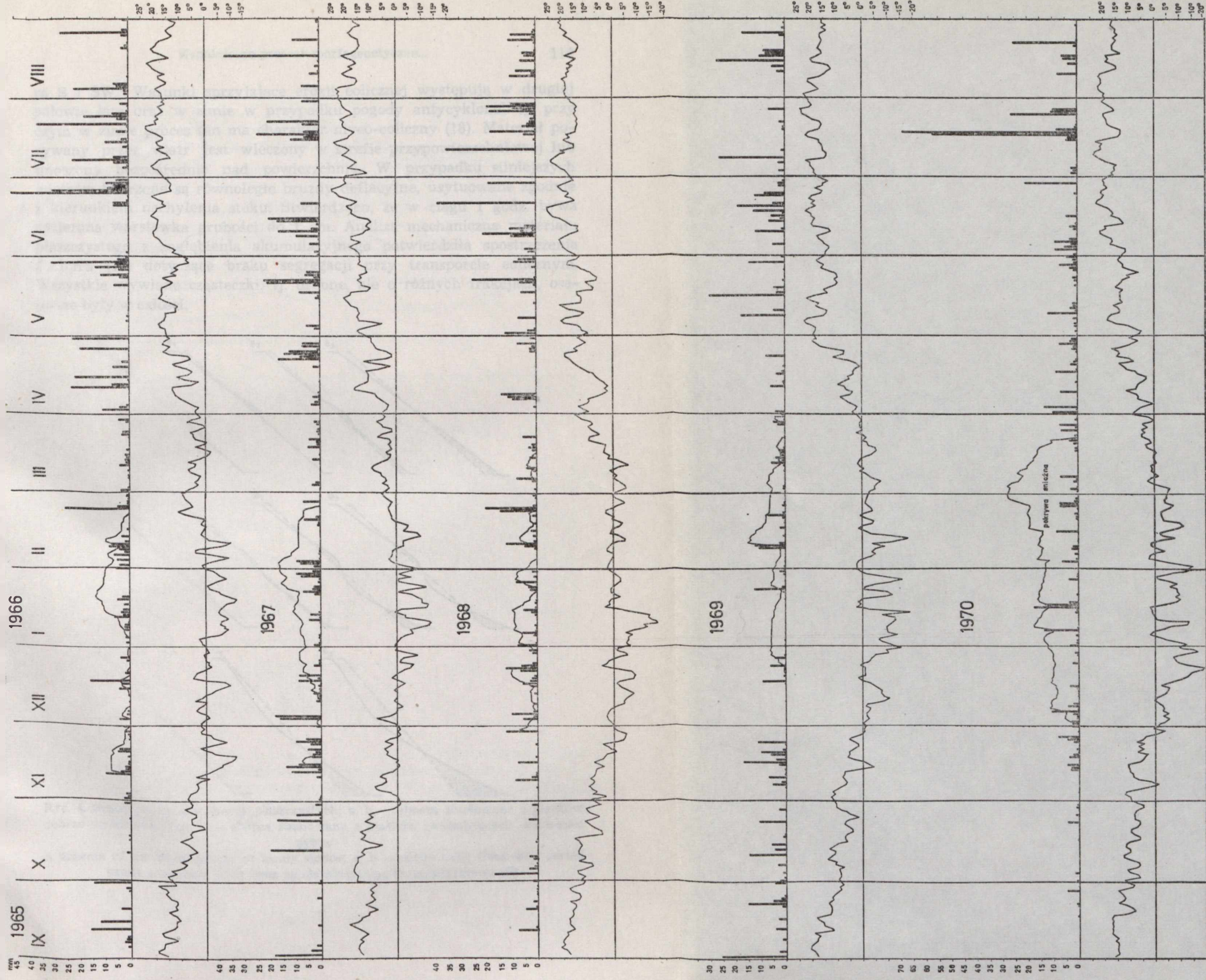
Osuwiska powstawały w Piasecznie jako zjawisko towarzyszące głównie czynnościom formowania zwałów ilastych. Materiał przenoszony z wyrobiska na zwały przy użyciu taśmociągów był zwykle wilgotny, co zwiększało jego ciężar, zmniejszając jednocześnie tarcie międzycząsteczkowe. Nic więc dziwnego, że materiał taki zaczynał się grawitacyjnie przemieszczać, w wyniku czego następowało szybkie i znaczne zmniejszenie kąta nachylenia zbocza (do 8°). Formowały się rozległe jęzory osuwiskowe o charakterystycznej, niespokojnej rzeźbie, z licznymi obniżeniami i wypukłościami, ze szczelinami poprzecznymi do kierunku spadku. Nachylenie powierzchni jęzorów kształtowało się w granicach $6\text{--}10^{\circ}$, długość szczelin 1—15 m, głębokość 20—30 cm. Powstawanie szczelin o układzie poligonalnym sygnalizowało o wysychaniu iltu i zanikaniu ruchu osuwiskowego. Procesy osuwiskowe w Piasecznie nie rozwijały się na tak dużą skalę, jak na przykład na skarpach i zwałach kopalń węgla

brunatnego (6, 12, 32). Związane to było z mniejszą wysokością zwałów w Piasecznie, a także z tym, że zwałowane ily zawierały pewne ilości frakcji piaszczystej, co wpływało na wzrost stateczności gruntu ilastego (46).

Sezonowa soliflukcja. W okresie wczesnej wiosny na powierzchni zwałów zaobserwować można pełnzące języki uwilgotnionego materiału. Rozmiary ich nie są duże: szerokość około 40 cm, długość do 1 m. Występują one najczęściej w górnej części zbocza, chociaż nie jest to regułą. Mechanizm działania tego procesu jest podobny do procesu soliflukcji, znanego z obszarów polarnych i wysokogórskich. Wczesną wiosną, którą w naszym klimacie charakteryzują duże dobowe amplitudy temperatur powietrza, następuje stopniowe rozmarzanie gruntu, w dużym stopniu hamowane nocnymi spadkami temperatury. Rozmarzanie to przebiega szybciej na zboczach dosłonecznych. Wierzchnie warstwy gruntu, rozmarzniete i przepojone wodą, mają konsystencję półpłynną, podczas gdy nieco głębiej znajdują się warstwy jeszcze zamarnięte i nieprzepuszczalne. W takich warunkach następuje grawitacyjne przemieszczanie się tych górnych warstw, mające charakter powolnego, a niekiedy gwałtownego płynięcia. Na zwałach proces ten odbywa się tylko lokalnie, na niewielką skalę. W miarę wysychania w strefach zbudowanych z piasku następuje osypywanie i likwidacja wszelkich nabrzmień powstałych w efekcie soliflukcyjnego przemieszczania materiału.

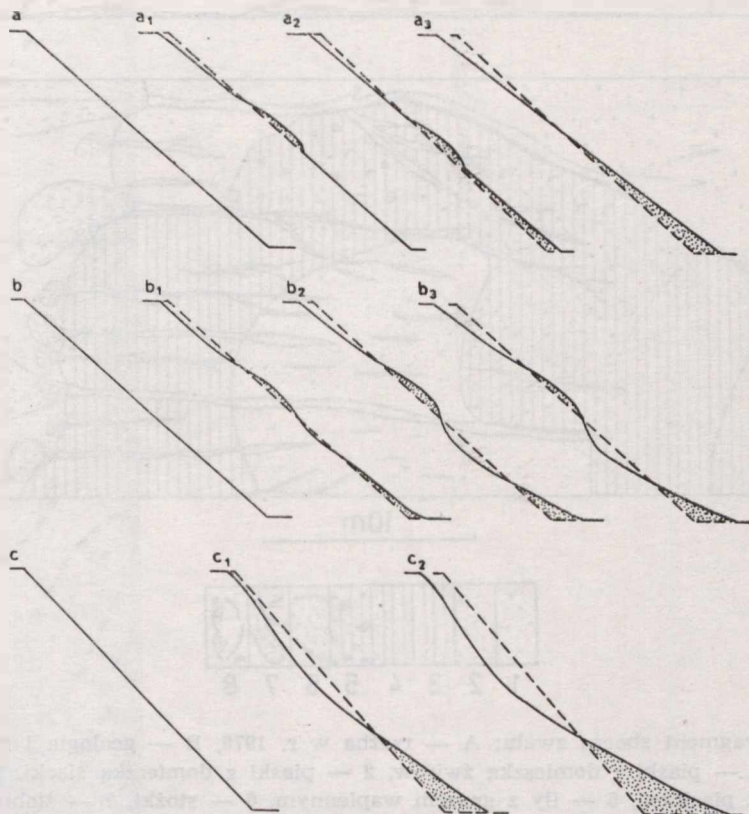
Deflacja. Fragmenty zwałów zbudowane z piasków są miejscem okresowego działania deflacji. Sprzyjają temu znaczne wysokości i nachylenia, a także uboga szata roślinna. Największe nasilenie tego procesu stwierdzono na wierzchowinie, odznaczającej się pewną rytmicznością rzeźby, oraz na zboczach zachodnich. Drobny materiał wywiewany był z miejsc wypukłych i akumulowany we wszelkich wklęsłościach terenu na wierzchowinie i zboczach (fot. 11). W najbardziej typowej postaci występowała deflacja na piaskach zawierających znaczne ilości części szkieletowych. Obecność żwirów w piasku była powodem tego, że po wywianiu drobnych cząstek na powierzchni tworzył się bruk (fot. 11). Należy przy tym zaznaczyć, że bruk powstawał tam, gdzie średnica żwirów była niewielka, natomiast na stokach, zbudowanych z piasków zawierających domieszkę żwirów o bardzo zróżnicowanych frakcjach, obserwowano grawitacyjne przemieszczanie się żwirów większych. Tocząc się, wprawiały one w ruch żwirki mniejsze. W rezultacie w dolnej części zbocza formował się tzw. stok osypiskowy, gdzie odbywała się segregacja żwirów. Podobne zjawisko zaobserwowano na zwałach kopalni fosforytów w Anopolu (35).

Zjawisko deflacji odbywa się w pewnych określonych warunkach, tj. przy wiatrach o znacznych prędkościach (powyżej 7 m/sek.) i w czasie gdy piasek jest suchy (14, 19). W Piasecznie przeważają wiatry z sektora



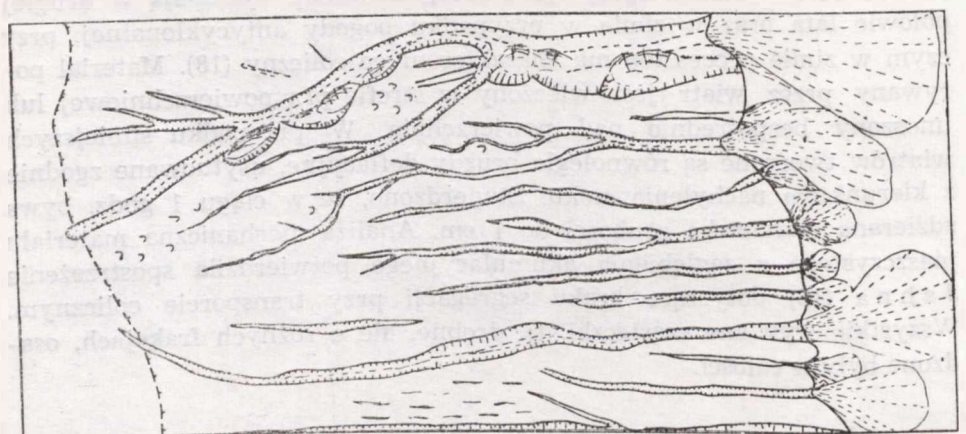
Ryc. 3. Opady i temperatury w okresie badań (1965—1970) ze stacji w Sandomierzu
 Rainfalls and temperatures during the investigation period (1965—1970 from the
 station in Sandomierz

ra S i SW. Warunki sprzyjające erozji eolicznej występują w drugiej połowie lata oraz w zimie w przypadku pogody antycyklonalnej, przy czym w zimie proces ten ma charakter niveo-eoliczny (18). Materiał porwany przez wiatr jest wleczony w strefie przypowierzchniowej lub unoszony bezpośrednio nad powierzchnią. W przypadku silniejszych wiatrów tworzone są równoległe bruzdy deflacyjne, usytuowane zgodnie z kierunkiem nachylenia stoku. Stwierdzono, że w ciągu 1 godz. bywa zdzierana warstewka grubości do 1 cm. Analiza mechaniczna materiału piaszczystego z zagłębienia akumulacyjnego potwierdziła spostrzeżenia J a h n a (18) dotyczące braku segregacji przy transporcie eolicznym. Wszystkie wywiane cząsteczki, tj. drobne, ale o różnych frakcjach, osadzone były w całości.

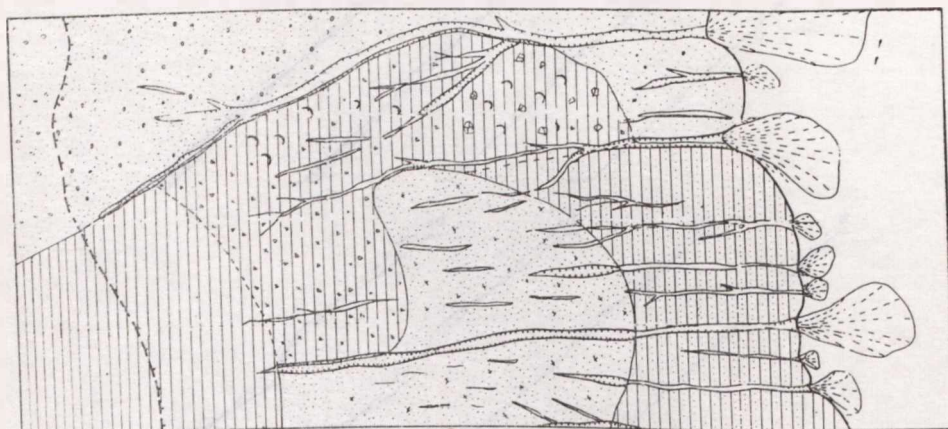


Ryc. 4. Schemat rozwoju zboczy piaszczystych; a, b — zbocza zbudowane z piasków dobrze wysortowanych, c — zbocza zbudowane z piasków zawierających domieszkę pyłów

A schema of the development of sandy slopes; a, b — slope built from well sorted sands, c — slope built from sands containing an admixture of silt

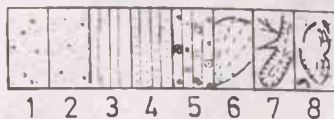


A



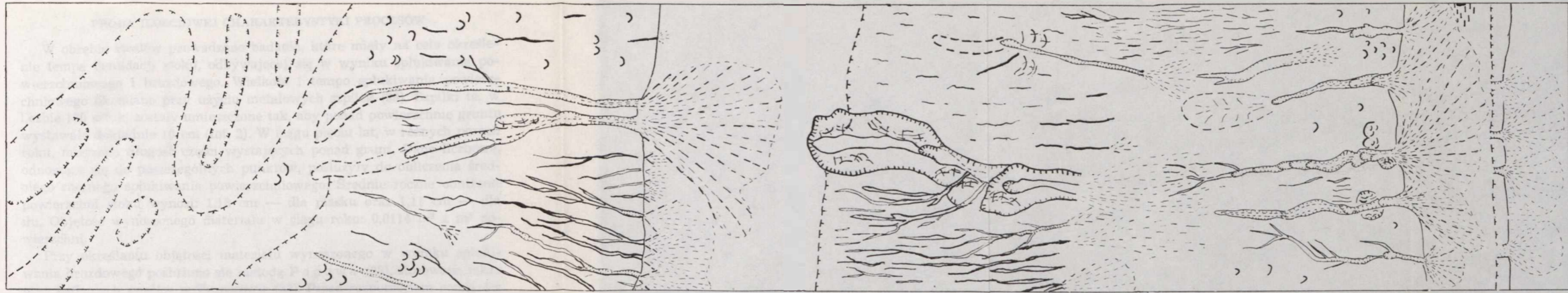
B

10m



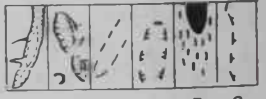
Ryc. 5. Fragment zbocza zwału; A — rzeźba w r. 1970, B — geologia i rzeźba w r. 1965; 1 — piaski z domieszką żwirów, 2 — piaski z domieszką siarki, 3 — ily, 4 — ily z piaskiem, 5 — ily z gruzem wapiennym, 6 — stożki, 7 — żłobiny, 8 — drobne osuwiska

A fragment of the dump slope; A — the relief in 1970, B — geology and land relief in 1965; 1 — sands with an admixture of gravel, 2 — sands with an admixture of sulphur, 3 — loam, 4 — loam with sands, 5 — loam with limestone debris, 6 — cones, 7 — furrows, 8 — small landslides

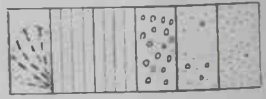


A

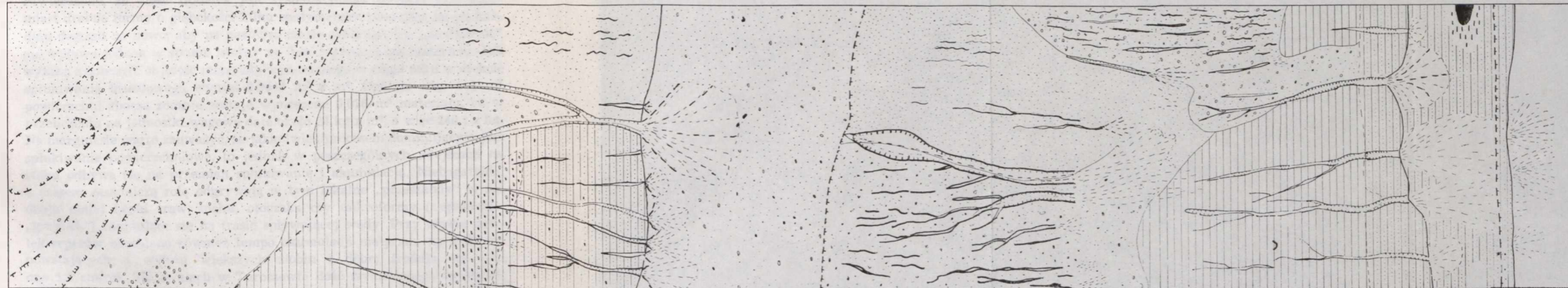
10m



1 2 3 4 5 6



7 8 9 10 11 12



B

Ryc. 6. Fragment zbocza zwału; A — rzeźba w r. 1970, B — geologia i rzeźba w r. 1965; 1 — żłobiny, 2 — drobne osuwiska, 3 — niecki, 4 — zagłębienia na wierzchowinie, 5 — zagłębienia z wodą, 6 — krawędzie zwału, 7 — stożki, 8 — ropy z piaskami, 9 — ropy, 10 — żwir, 11 — piaski ze żwirami, 12 — piaski
 A fragment of the dump slope; A — land relief in 1970, B — geology and relief in 1965; 1 — furrows, 2 — small landslides, 3 — hollows, 4 — pits on the upland areas of the dump, 5 — basins with water, 6 — dump edges, 7 — cones, 8 — loam with sands, 9 — loam, 10 — gravel, 11 — sands with gravel, 12 — sands

PRÓBA ILOŚCIOWEJ CHARAKTERYSTYKI PROCESÓW

W obrębie zwałów prowadzono badania, które miały na celu określenie tempa denudacji stoku, odbywającej się w wyniku splukiwania powierzchniowego i bruzdowego. Wielkość i tempo splukiwania powierzchniowego określano przy użyciu metalowych szpilek (38). Szpilki te, w liczbie 160 sztuk, zostały umieszczone tak, aby ponad powierzchnię gruntu wystawało dokładnie 10 cm (fot. 2). W ciągu pięciu lat, w różnych porach roku, mierzono długość części wystających ponad grunt. Dane liczbowe, odnoszące się do poszczególnych punktów, posłużyły do obliczenia średniego rocznego splukiwania powierzchniowego. Średnie roczne obniżenie powierzchni stoku wynosi: 1,18 cm — dla piasku oraz 1,11 cm — dla iłu. Objętość wynoszonego materiału w ciągu roku: $0,0114 \text{ m}^3 \text{ z m}^2$ powierzchni.

Przy określaniu objętości materiału wynoszonego w wyniku splukiwania bruzdowego posłużono się metodą P o p o w a (23), stosowaną także przy badaniach zwałów w Turoszowie (33). Przed rozpoczęciem pomiarów kontrolnych wykonano szczegółowe kartowanie geomorfologiczne pozwalające uchwycić stan wyjściowy (ryc. 5A, B). Sytuację końcową, czyli stan zbrocza po upływie pięciu lat, przedstawiono dla porównania na ryc. 6A, B. Stwierdzono, że część żłobinek jest systematycznie powiększana, natomiast drobne formy o głębokości kilku centymetrów rozwijają się po każdym deszczu na nowo, aby po pewnym czasie zaniknąć. Ta „okresowość” nie wpływa jednak w sposób istotny na ilość wynoszonego materiału. Jak wynika z obliczeń, objętość materiału wynoszonego w ciągu roku w efekcie splukiwania bruzdowego wynosi $0,0049 \text{ m}^3 \text{ z m}^2$. Ogólnie więc z 1 m^2 powierzchni zbrocza rocznie zostaje wynoszone $0,016 \text{ m}^3$ materiału, co w przeliczeniu na jednostki wagowe daje około 24 kg z m^2 , a więc 240 t z ha. Na marginesie warto zauważyć, że jakkolwiek procesem dominującym jest splukiwanie powierzchniowe, to jednak w poszczególnych miejscach na stoku odbywa się na przemian splukiwanie i akumulacja. Niebagatelną, a czasem zasadniczą rolę odgrywają w tym lokalne „przeszkody” w rodzaju małej kępki traw, mchu, otoczaka czy mikroformy (zagłębienie, „grzybek”) znajdujące się na trasie spływającej wody. Przy użyciu szpilek-reperów określano również tempo akumulacji materiału na stożkach powstających u wylotu większych żłobin i depr; średnio wyniosło ono 1,2 cm/rok. Na zwałach w Turoszowie ilość wyniesionego materiału równała się $0,33 \text{ m}^3 \text{ z } 1 \text{ m}^2$ w ciągu pięciu lat, czyli średnio rocznie: $0,06 \text{ m}^3 \text{ z m}^2$ (33). Jest to więc trzykrotnie więcej niż w Piasecznie. Tłumaczą ten fakt przede wszystkim odmienne warunki działania procesów morfogenetycznych w Turoszowie. Wielkości uzyskane z pomiarów w Piasecznie są jednak przeszło dziesięciokrotnie większe od danych liczbowych wliczonych dla lessowych zbroczy Wyżyny Lubelskiej (24, 51, 52).

Jakkolwiek istnieje w literaturze polskiej znaczna liczba prac dotyczących współczesnych procesów morfogenetycznych (m. in. 7, 8, 10, 13, 14, 22, 24, 27, 30, 34, 51, 52), to porównywanie wyników utrudnia różnorodność stosowanych metod badawczych. Rozwiązanie wielokrotnie podnoszonej kwestii unifikacji metod wyeliminowałoby ten czynnik przy interpretacji wyników, dzięki czemu byłyby one determinowane jedynie przez swoiste cechy regionu, wynikające z warunków fizyczno-geograficznych. W tej sytuacji duże możliwości mają badania prowadzone na sztucznych formach, traktowanych jako rodzaj laboratorium polowego, dostarczającego wyników testowych.

LITERATURA

1. Babiarczy M.: Problemy geologiczno-inżynierskie związane z naruszeniem całości nadkładu złoża siarki w rejonie Tarnobrzega. Przewodnik 38 Zjazdu PTGeol., Warszawa 1965.
2. Balińska-Wuttke K.: Typ granulacji i otoczenie ziarn piasków tarasu Wisły pod Tarnobrzegiem. *Kwartalnik Geol.*, t. 9, z. 2, Warszawa 1965.
3. Bennett H. H.: *Soil Conservation*. New York and London 1939.
4. Bubiń A.: Przyczynek do znajomości procesów stokowych w materiałach luźnych. *Czas. Geogr.*, t. 42, z. 4, 1971.
5. Cegła J., Dżułyński S., Kwiatkowski S.: Fractures Resulting from Liquid Infiltration into Dry Powdered Materials. *Bull. de L'Academie Polonaise Sciences, serie des sci. geol. et geogr.*, vol. 16, No. 2, 1967.
6. Chwastek J.: Wpływ czynników górniczo-geologicznych na formy zwałowisk (Effect of Mining Procedure and Geological Structure on Mine Dump Form). *Czas. Geogr.*, t. 41, z. 4, 1970.
7. Cielińska M.: Comment on Quantitative Investigations of Some Processes of Modern Denudation in the Karkonosze Mountains. *Zesz. Nauk. Uniw. Wrocł.*, seria B, nr 8, 1961.
8. Dauksza L., Gil E., Kotarba A., Słupik J., Starkel L.: Investigations of the Research Station of the Institute of Geography of the Polish Academy of Sciences at Szymbark near Gorlice. *Studia Geomor. Carpatho-Balcanica*, vol. 4, Kraków 1970.
9. Dłużewski J.: Zagadnienie depresji spowodowanej kopalnią odkrywkową z punktu widzenia hydrologii rolnej. *Gosp. Wod.*, z. 7, 1960.
10. Dudziak J.: Intensywna ablacja deszczowa. *Wszechświat*, nr 11, 1970.
11. Emmett W. W., Leopold L. B.: Pits, with Emplaced Rods or Plates on the Observation of Soil Movements in Excavated Pits. *Revue de Geomorphologie dynamique* No. 4, 1967.
12. Furmański J., Meissner K.: Badania stateczności zwałów odkrywek węgla brunatnego w rejonie Konina. *Przegl. Geol.*, nr 3, 1963.
13. Gerlach T.: Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajcarka (Beskid Wysoki — Karpaty Zachodnie). *Prace Geogr. IG PAN*, nr 52, 1966.
14. Gerlach T., Koszarski L.: Współczesna rola morfogenetyczna wiatru na przedpolu Beskidu Niskiego (The Role of the Wind in the Contemporary Morphogenesis of the Lower Beskid Range (Flysch Carpathians). *Studia Geomor. Carpatho-Balcanica*, vol. 2, Kraków 1968.



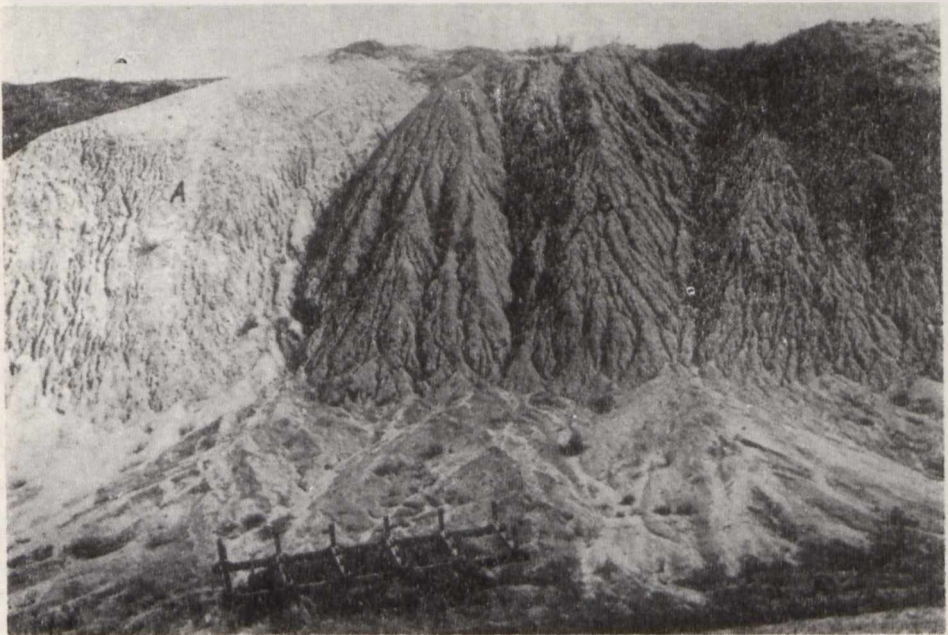
Fot. 1. Widok ogólny wierzchołków zwałow w Piasecznie
General view of the upland areas of the dumps in Piaseczno



Fot. 2. Szpilka stalowa służąca do pomiaru splukiwania
A steel pin used for taking washing measurements



Fot. 3. Mikroformy powstające na piaskach ze żwirami w efekcie bombardującej działalności kropli deszczowych
Microforms forming on sands with gravel in result of the bombarding effect of rain drops



Fot. 4. Żłobiny na zboczu zbudowanym z piasków dobrze wysortowanych (A) i na zboczu zbudowanym z piasków pylastych (B)
Furrows on the slope built from well sorted sands (A) and on the slope built from dusty sands (B)



Fot. 5. Górna część debry rozcinającej wierzchowę
The upper part of the gully cutting through the upland areas of the dump



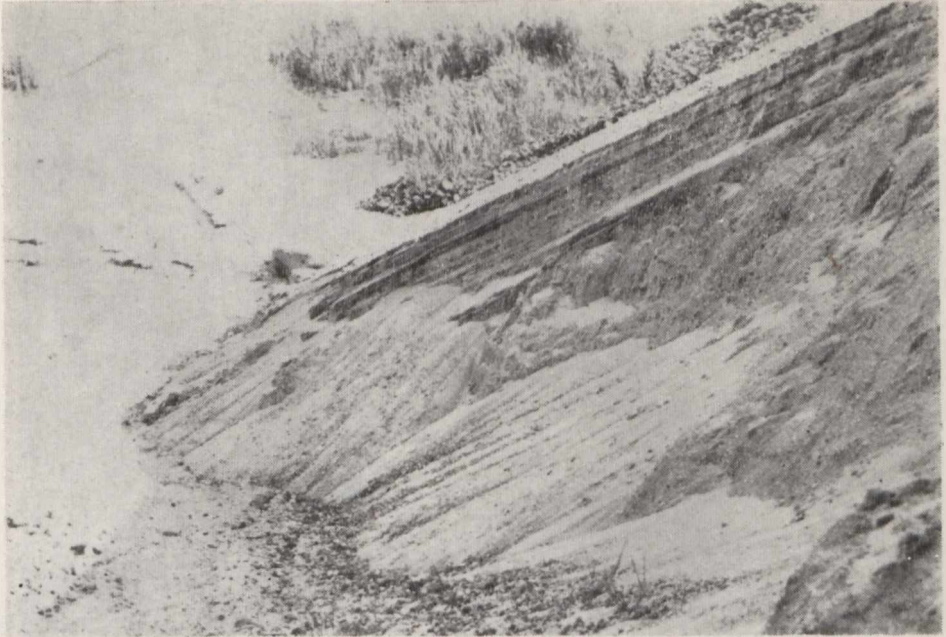
Fot. 6. Żłobiny rozwijające się wzdłuż szczelin powstałych podczas wysychania ilów
Furrows developing along crevices created during the drying up of loam



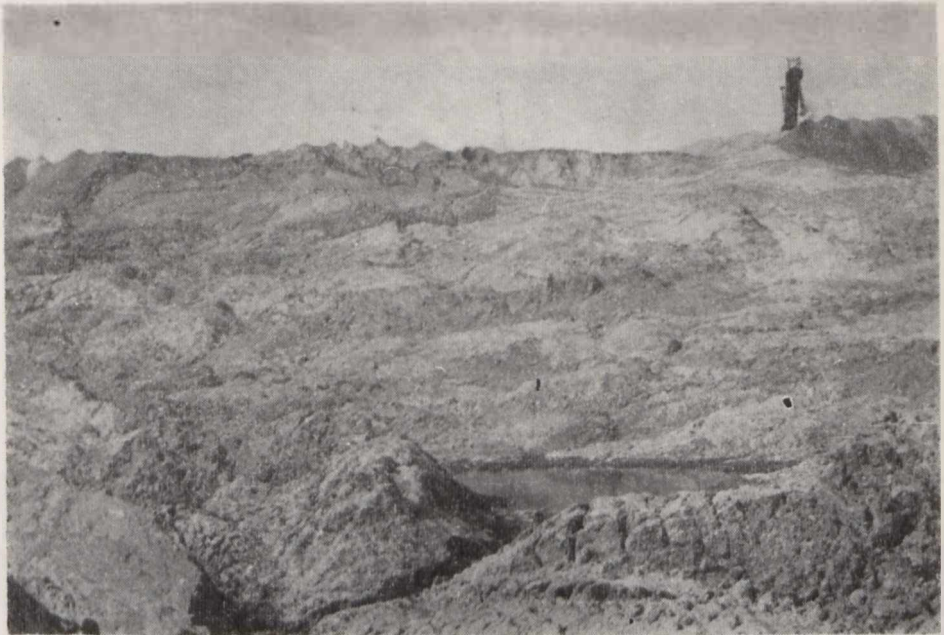
Fot. 7. Pęknięcie wysychających ilów w obrębie zagłębień bezodpływowych. Widoczne ślady kropli deszczowych
The cracking of drying loam in the periphery of basins without outflows. Traces of raindrops are visible



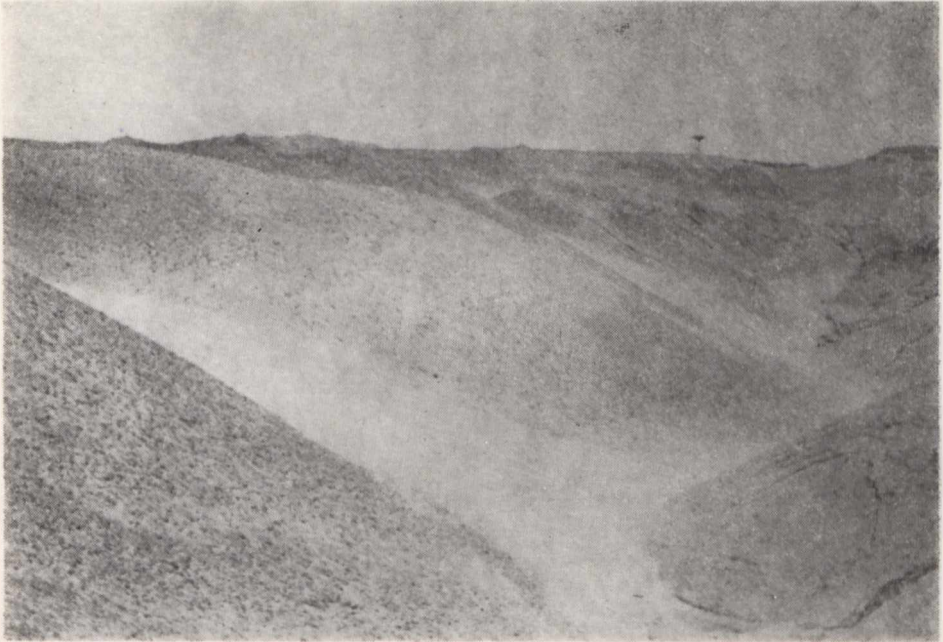
Fot. 8. Osypujący się materiał żwirowy. Widoczny tor ruchu kamyka
Sliding gravel material. The motion course of stones is visible



Fot. 9. Przekrój przez zbocze osypiskowe. Na pierwszym planie stożki usypiskowe
A section through the scree slope. In the first place scree cones



Fot. 10. Osuwisko
A landslide



Fot. 11. Procesy eoliczne. Akumulacja materiału piaszczystego w strefach osłoniętych od wiatru. Na zboczach dowietrznych utworzył się bruk deflacyjny
Eolian processes. The accumulation of sandy material on the areas sheltered from the wind. On the windward slopes a deflation pavement has been formed



Fot. 12. Bruk ablacyjny na słabo nachylonych powierzchniach piaszczysto-żwirowych
Ablation pavement on weakly slanting sandy-gravel surfaces

15. Hornig A.: Wpływ działalności gospodarczej człowieka na środowisko geograficzne Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (Effects of Man's Economic Activities on Geographical Environment of Upper Silesian Industrial District). *Czas. Geogr.*, t. 39, z. 1, 1968.
16. Jahn A.: Denudacyjny bilans stoku (Balance de dénudation du versant). *Czas. Geogr.*, t. 25, z. 1—2, Wrocław 1954.
17. Jahn A.: Movement of Soils Mass on Slopes in Cultivated Areas. L'evolution des versants — Symposium internationale de geomorphologie. Liege 1967.
18. Jahn A.: Niveo-eoliczne procesy w Sudetach i ich działanie na glebę. Komitet Zagosp. Ziemi Górskich, PAN, 25/18, Kraków 1969.
19. Janiga S.: Deflacyjna rola wiatru w kształtowaniu rzeźby Beskidu Niskiego (The Deflational Effect of Wind in Shaping the Relief of the Low Beskid Mountains). *Przegl. Geogr.*, t. 43, z. 3, 1971.
20. Kalinin A. M.: Priemieszczenie krupnych obłomków na dieluwialnych skłonach (po danych eksperymentalnych iissledowanij). *Woprosy Geografii* 85, Moskwa 1971.
21. Koziejowa U.: Denudacja stoków w rocznym cyklu klimatycznym. *Acta Geogr. Lodziensia* 16, 1963.
22. Kotarba A.: Investigations of Contemporaneous Morphogenetic Processes in the Western Tatra Mts. *Studia Geomor. Carpatho-Balcanica*, vol. 4, Kraków 1970.
23. Malinowski J.: *Geologia inżynierska. Cz. I. Wyd. Geol.*, Warszawa 1959.
24. Mazur Z.: Określenie natężenia erozji wodnej na terenie lessowym Zakładu Rolniczo-Doświadczalnego Elizówka. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E*, vol. XIII, Lublin 1958.
25. Mycielska-Dowgiałło E.: Próba rekonstrukcji warunków paleohydrodynamicznych rzeki na podstawie badań sedimentologicznych w dolinie Wisły pod Tarnobrzegiem (An Attempt of Reconstructing the Paleohydrodynamics of a River, Based on Sedimentological Studies in the Vistula Valley near Tarnobrzeg). *Przegl. Geogr.*, t. 41, z. 3, 1969.
26. Nieć M.: Morfologia stropu złóż siarki i jej wpływ na mikrotektonikę skał nadkładu. *Roczn. PTGeol.*, t. 40, z. 2, 1970.
27. Niemirowski M.: Rola współczesnych procesów morfogenetycznych w kształtowaniu rzeźby podszczytowej partii Babiej Góry. *Zesz. Nauk. UJ*, 88, *Prace geogr.*, z. 10, Kraków 1964.
28. Pawłowski S.: Problemy siarki rodzimej. *Prace IGeol.*, 25, 1960.
29. Pawłowski S., Pawłowska K., Kubica B.: Kopalnia siarki w Piaseczynie. *Przewodnik 38 Zjazdu PTGeol.*, 1965.
30. Pękala K.: The Development of Block Fields in the Western Bieszczady. *Studia Geomor. Carpatho-Balcanica*, vol. 5, Kraków 1971.
31. Pilawska J.: Kilka uwag o problemie przeobrażenia środowiska geograficznego przez górnictwo i przemysł (Some Comment on Problems Connected with Transformations of Natural Environments by Mining and Industry). *Czas. Geogr.*, t. 39, z. 4, 1968.
32. Pinińska J.: Powierzchniowe ruchy masowe na skarpach nadkładu jednej z kopalń odkrywkowych węgla brunatnego. *Przegl. Geol.*, nr 12, 1966.
33. Pulinowa M. Z.: Geomorfologiczne metody badania zwałowisk na przykładzie Zagłębia Turosszowskiego (Geomorphological Methods of Examining Mine Dumps with the Turossów Basin as Example). *Czas. Geogr.*, t. 38, z. 3, 1967.

34. Reniger A.: Spływ gleby na uprawianych zboczach (Soil Flow on Cultivated Slopes). Roczn. Nauk Roln., t. 71-F-1, 1955.
35. Repelewska J.: Procesy erozyjne na zwałach kopalnianych (Processes of Erosion on Mine Dumps). Czas. Geogr., t. 39, z. 1, 1968.
36. Repelewska J.: Erozionsprozesse der Kippen der Schwefelgrube. IV Symposium über die Wiedernutzbarmachung der durch die Industrie devastierten Territorien. Leipzig 1970.
37. Repelewska-Pękałowa J.: Denudacja na zwałach odkrywkowej kopalni siarki w Piasecznie (Denudation on the Sulphur Quarry Dumps in Piaseczno). Zesz. Probl. Postępów Nauk Roln., z. 130, 1972.
38. Repelewska-Pękałowa J.: Współczesne procesy rzeźbotwórcze na zwałach odkrywkowej kopalni siarki w Piasecznie. Praca doktorska. Maszynopis — Biblioteka Główna UMCS, Lublin 1972.
39. Roniewicz P.: Przyczynki do znajomości szczelin z wysychania. Roczn. PTGeol., t. 35, z. 2, 1965.
40. Rupieta W.: Warunki hydrogeologiczne i odwadnianie kopalni siarki w Piasecznie. Przewodnik 38 Zjazdu PTGeol., 1965.
41. Schumm S. A.: Erosion on Miniature Pediments in Badlands National Monument South Dakota. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 73, 1962.
42. Skawina T.: Procesy zniekształcania gleb w okręgach górniczych i przemysłowych. Roczn. Glebozn., dodatek do t. 7, Kraków 1958.
43. Skawina T., Bojarski Z., Gądomski J., Fabijanowski J., Kamiemiecki F.: Opracowanie programu badań nad szkodliwym oddziaływaniem górnictwa siarkowego na glebę i roślinność na przykładzie kopalni odkrywkowej „Piaseczno”. Państwowa Rada Górnicza przy WUG, Biul. nr 3, Wyd. Geol., Warszawa 1966.
44. Sobolew S. S.: Razwitije erozionnych processow na tierritorii Jewropiejskoj czasti SSSR i bor'ba s nimi. Moskwa—Leningrad 1948.
45. Ślebodziński J.: Zmienność graniczna wartości kąta tarcia wewnętrznego piasku ze wzrostem jego zwilgocenia. Przegl. Geol., nr 10, 1966.
46. Śliwa P.: Stromość zboczy osuwiskowych w świetle badań laboratoryjnych. Przegl. Geol., nr 9, 1955.
47. Trafas M., Żuławski Cz.: Klasyfikacja nieużytków przemysłowych dla ich kartograficznej interpretacji. Przegl. Geodez., nr 10, 1967.
48. Turek S.: Zarys warunków hydrogeologicznych złoża siarki w okolicy Tarnobrzega. Przegl. Geol., nr 6, 1957.
49. Ziernicki S.: Die Lösung des Problems der Wasserverhältnisse als Grundlage zur Rekultivierung einer Kippe (am Beispiel eines Tagebaubergwerkes). IV Symposium über die Wiedernutzbarmachung der durch die devastierten Territorien. Leipzig 1970.
50. Ziernicki S.: Wpływ kopalń odkrywkowych w okolicy Tarnobrzega na przyrodę (The Influence of Quarries near Tarnobrzeg on Natural Environment). Folia Soc. Sc. Lublin, sectio B, vol. 14, 1972.
51. Ziernicki S., Orlik T.: Charakterystyka okresowych spływów z falistej zlewni lessowej (Characteristics of Periodics Runs-off from a Rolling Watershed). Zesz. Nauk. Postępów Nauk Roln., z. 119, 1971.
52. Ziernicki S., Repelewska-Pękałowa J.: Investigations into Present-Day Geomorphological Processes in the Loess Areas of the Lublin Plateau. Geographia Polonica 23, 1972.

РЕЗЮМЕ

В 1965—1970 гг. на отвалах в Пясечно проводились исследования, целью которых было определение рода и напряженность действующих там морфогенетических процессов. Ход и размеры этих процессов находятся в большой зависимости от рода отвального материала и от существующих там климатических условий.

В течение рассматриваемых пяти лет ход метеорологических условий был разный (рис. 3), в общем, однако, не благоприятствующий значительному усилению морфологических процессов, так как не было ни катастрофических ливней, ни сильного стекания растаявших снегов. Следует также принять во внимание тот факт, что отвалы лежат в пределах депрессионной воронки рудника, что вызвало понижение уровня грунтовых вод и пересушенность местности, создавая условия, которые способствуют стабилизации отвалов.

Отвалы построены из песков и глин (рис. 1, 2). Они моделируются в основном поверхностным и бороздчатым смывом (рис. 5, 6), в меньшей степени — осыпанием и дефляцией (фото 8, 9, 11). Осыпание материала было небольшое и происходило только во время строения отвала (фото 10) и непосредственно после него.

В результате действия современных морфогенетических процессов происходила трансформация склонов, заключающаяся в изменении формы и наклона. Сначала все склоны были прямые, а потом с течением времени они стали выпукло-вогнутыми, вогнутыми, и вогнуто-выпуклыми. Первоначальный наклон равнялся углу естественного откоса потом он уменьшился. Вынесенный материал укладывался в большие конусы выноса, занимая прилегающие к руднику поля.

Из исследований динамики процесса поверхностного и бороздчатого смывания следует, что в Пясечно с 1 м^2 поверхности склона отвала в течение года выносятся $0,016 \text{ м}^3$ материала. В пересчете на весовые единицы это дает около 24 кг с 1 м^2 , т.е. 240 т с 1 га . Из этого количества в результате поверхностного смыва — $0,0114 \text{ м}^3$ с 1 м^2 , а в результате бороздчатого — $0,0049 \text{ м}^3$ с 1 м^2 . Эти величины в десять раз больше количественных данных, подсчитанных для лессовых склонов Люблинской возвышенности, и составляющих от нескольких до 20 т/га (24, 51, 52). По сравнению с денудацией на отвалах в Турошове (33) темп смыва в Пясечно в три раза меньше.

Вследствие разнородности применяемых методов эти результаты довольно трудно сравнивать с результатами, полученными в естественных условиях. Решение вопроса унифицирования методов могло бы исключить этот фактор при интерпретации результатов, благодаря чему они

детерминировались бы только своеобразными физико-географическими условиями района. В этой ситуации большими возможностями обладают исследования, проводимые на формах, трактуемых как форма полевой лаборатории, дающей тестовые результаты.

ОБЪЯСНЕНИЯ ФОТОГРАФИИ И РИСУНКОВ

Фото 1. Общий вид вершины отвалов в Пясечно.

Фото 2. Стальная шпилька, служащая для измерения смывания.

Фото 3. Микроформы, образующиеся на песках с гравием в результате бомбардирующей деятельности дождевых капель.

Фото 4. Размоины на клоне, построенном из хорошо отсортированных песков (А) и на клоне, построенном из пыlistых песков (В).

Фото 5. Верхняя часть оврага, пересекающего вершину.

Фото 6. Размоины, развивающиеся вдоль трещин, возникших во время высыхания глин.

Фото 7. Растрескивание высыхающих в пределах впадин глин. Видны следы дождевых капель.

Фото 8. Осыпавшийся гравийный материал. Виден путь скольжения камня.

Фото 9. Разрез через осыпавшийся склон. На первом плане конус осыпи.

Фото 10. Оползень.

Фото 11. Эоловые процессы. Аккумуляция песчанистого материала в зонах, закрытых от ветра. На подветренных склонах образовалась дефляционная мостовая,

Фото 12. Абляционная мостовая на слегка наклонных песчано-гравиевых поверхностях,

Рис. 1. Рельеф и геология отвала. 1 — зоны осыпания, 2 — эрозионные разрезы, 3 — аллювиальные конусы, 4 — зоны эоловых явлений, 5 — источники и озера, 6 — глинистые отложения, 7 — пески с щебнем, 8 — глинистые и песчаные отложения, 9 — выжатые торфы и аллювия, 10 — пески и глины внутреннего отвала.

Рис. 2. Геологическая схема. 1 — нивелированная вершина, 2 — глинистые отложения, 3 — пески с гравием, 4 — пески, 5 — пески на глинах, 6 — аллювиальные конусы, 7 — выжатые торфа и аллювия.

Рис. 3. Осадки и температуры в период исследований (1965—1970) — данные станции в Сандомеже.

Рис. 4. Схема развития песчаных склонов: а, б — склоны, построенные из хорошо отсортированных песков, с — склоны, построенные из песков, содержащих примесь разной пыли.

Рис. 5. Фрагмент склона отвала: А — рельеф в 1970 г., В — геология и рельеф в 1965 г., 1 — пески с гравием, 2 — пески с примесью серы, 3 — глины, 4 — глины с песками, 5 — глины со щебнем известняка, 6 — конусы, 7 — размоины, 8 — мелкие оползни.

Рис. 6. Фрагмент склона отвала. А — рельеф в 1970 г., В — геология и рельеф в 1965 г., 1 — размоины, 2 — мелкие оползни, 3 — впадины, 4 — углубления на вершине, 5 — углубления с водой, 6 — край отвала, 7 — конусы, 8 — глины с песками, 9 — глины, 10 — гравий, 11 — пески с гравием, 12 — пески.

SUMMARY

During the years 1965—1970 investigations were carried out on dumps in Piaseczno with the aim at determining the type and intensity of morphogenetic processes which are active there. The course and extent of these processes depend in a large degree on the type of material the dumps are built of and on climatic conditions.

During the five years, the course of weather conditions was various (Fig. 3), however, generally they did not favour the considerable intensification of morphological processes. Neither catastrophical rain nor strong thaw flows occurred. The fact that the dumps lie in reach of the mine depression funnel should be also taken into consideration. This caused the lowering of the ground water level and the ground movement, creating favourable conditions for the stabilization of dumps.

The dumps are built of sand and loam (Fig. 1, 2). They are mainly shaped by surface and furrow washing (Fig. 5 and 6) and in a smaller degree — by accumulation and deflation (photos. 8, 9, 11). The landslide of the material was on a small scale, during dumping (photo. 10) and shortly afterwards.

In result of the activity of contemporary morphogenetic processes a deformation of the slopes occurred, which depended on the change of shape and slant. At the beginning all the slopes were straight, in time they were deformed into convex-concave, concave, and concave-convex. The original slant was equal to the angle of the natural scree and then succumbed to a degradation. The material washed out from the dumps was arranged in large fan-like cones which extended on to fields which adjoined the dump.

From the dynamics of the surface and furrow washing process investigations it appears, that in Piaseczno from 1 m² surface of a dump slope 0.016 m³ of the material is washed out within a year. When calculated in weight units, this gives about 24 kg per m², and so 240 tons per hectare. From this amount as a result of surface washout 0.0114 m³ per m², and furrow washout 0.049 m³ per m².

These amounts are over ten times larger than the calculated findings data for the Lublin Upland loess slopes, where it ranges from a few to a dozen or so t/ha (24, 51, 52). In comparison with the denudation on the dump in Turosszów (33), the rate of washing activity in Piaseczno is three times smaller.

These results are rather difficult to compare with those obtained in natural conditions because of the variety of methods applied. The solution

to the question of the unification of methods, which has been raised, would eliminate this factor when interpreting the results owing to which they would only be determined by the specific, physiogeographical conditions of the region. In this situation, investigations carried out on artificial forms, which are treated as types of field laboratory providing test results, have large possibilities.