

## EROZJA GLEB W POLSCE I SPOSOBY JEJ PRZECIWDZIAŁANIA

| *Stefan Ziernicki* |

Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego AR, Lublin

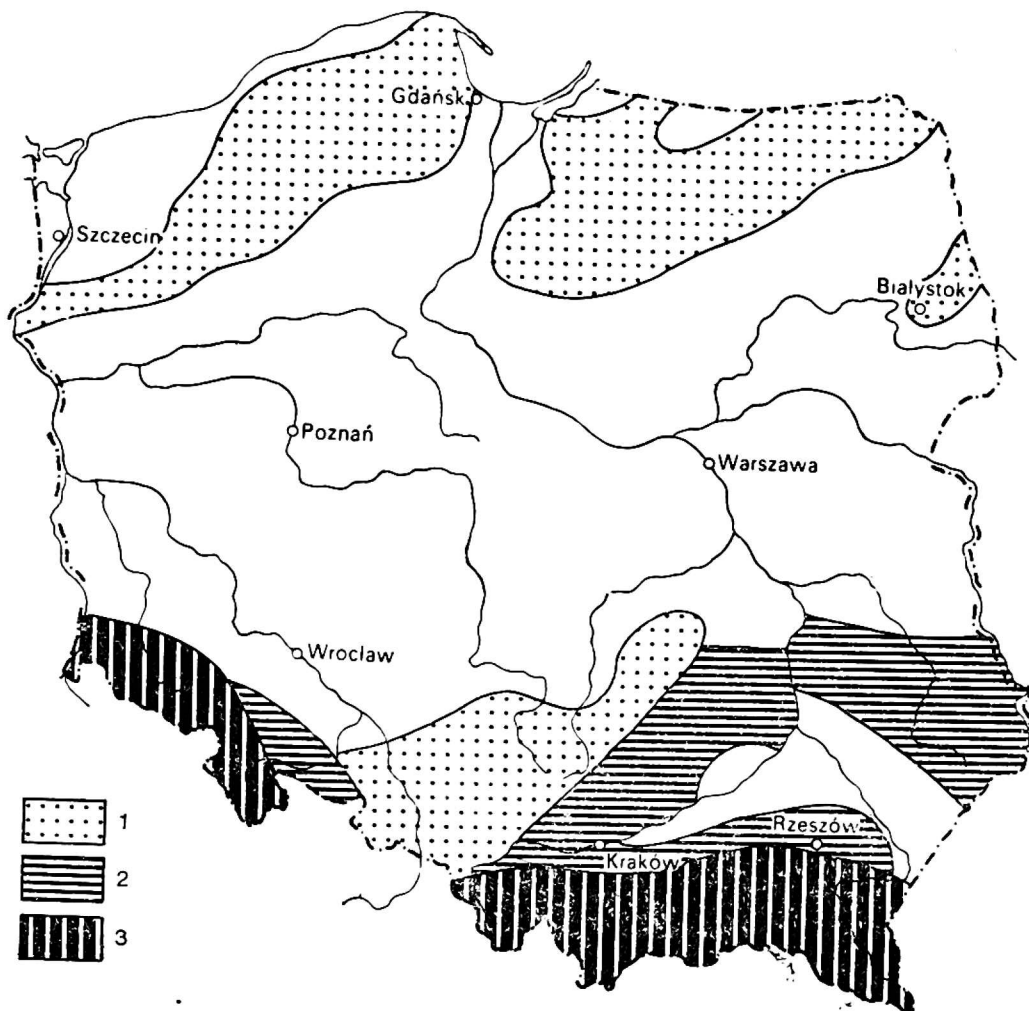
### WSTĘP

Procesy erozji — jako naturalne, przyrodnicze zjawisko związane z ruchem powietrza i spływem wody — prowadziły w okresie przed opóźnieniem świata przez człowieka do modelowania wierzchniej warstwy skorupy ziemskiej. Natężenie tych procesów było różne, zależnie od warunków geologicznych, klimatu i szaty roślinnej. Przy pokryciu gleby trwałą roślinnością, co miało miejsce na terenach Polski przed około tysiącem lat natężenie erozji było bardzo słabe. Odwieczne puszcze o wielopiętrowej, zwartej roślinności osłaniały glebę przed działaniem wiatru i deszczu. Początkowo karczowanie lasów na niedużych powierzchniach i uprawa gleby prymitywnymi narzędziami nie wywoływały zmian w krążeniu wody. Jednak z biegiem czasu, w miarę zwiększania się powierzchni zajętych przez pola uprawne, wzrastały możliwości wystąpienia erozji wodnej i wietrznej. Coraz większą rolę zaczęła odgrywać erozja przyspieszona zwana też erozją gleb.

Klimat panujący w Polsce nie sprzyja, na szczęście, silnemu rozwojowi procesów erozji gleb. Dlatego też, mimo dużo wcześniejszego rozpoczęcia uprawy płużnej niż np. w niektórych, zwłaszcza środkowych stanach USA, zniszczenie gleb było i jest dużo mniejsze. Nie nastąpiła też masowa degradacja gleb oraz przechodzenie pól ornych w nieużytki. Tym niemniej malejąca ilość wielopiętrowych lasów, zaorywanie zboczy, postępujące pogłębianie się rzek jest poważnym zagrożeniem dla trwałości gleb.

### REJONY EROZYJNE

Zagrożenie erozją gleb w Polsce z uwagi na klimat, gleby i urzeźbienie jest zróżnicowane (rys. 1). Znaczna część niżu Polski ma klimat umiarkowany złagodzony wpływem klimatu morskiego. Odnosi się to



Rys. 1. Zasięg erozji wodnej w Polsce (wg S. Ziernickiego): 1 — erozja umiarkowana, 2 — erozja silna na terenach rolniczych, 3 — erozja silna w górach

zwłaszcza do części zachodniej. Częstotliwość padania deszczów jest dość znaczna, temperatury powietrza w okresie zimy rzadko spadają poniżej  $0^{\circ}\text{C}$ . Śnieg utrzymuje się krótko. Stosunkowo duże uwilgotnienie gleb zabezpiecza je przed erozją wietrzną. Wyjątek stanowią gleby lekkie, powstałe z piasków, leżące na obszarze o najniższych opadach w Polsce (część Wielkopolski, zwłaszcza rejon jeziora Gopła). Gleby te mogą ulegać erozji wietrznej, natomiast zagrożenie erozją wodną jest małe z uwagi na konfigurację terenu i dużą przepuszczalność gleb. Erozja wodna o słabym najczęściej natężeniu może wystąpić jedynie na małych powierzchniach.

Klimat górski Karpat i Sudetów odznacza się przede wszystkim znacznie większą ilością opadów, a także niższymi temperaturami powietrza i krótszym okresem wegetacyjnym. Erozja wietrzna jest hamowana w dużej mierze przez okrywą z trwałej roślinności leśnej lub łąkowej oraz wskutek znacznego uwilgotnienia gleb. Ale oprócz gleb wytworzonych na miększej zwiertzelinie skał macierzystych, występują również gleby płytkie, szkieletowe, szybko wysychające, które na zboczach zaorywanych mogą ulegać erozji wietrznej. Zasadniczo jest to rejon występowa-

nia silnej erozji, spowodowanej przede wszystkim długotrwałymi deszczami letnimi. Wprawdzie ilości śniegu w górach mogą być znaczne, ale tylko wyjątkowo i lokalnie wody roztopowe czynią szkody. Dzieje się tak z powodu nierównomiernego tajania śniegu na zboczach, uzależnionego od ich wystawy i od okrywy roślinnej, oraz z powodu dużej przepuszczalności szkieletowych gleb górskich. Spływy wody po długotrwałych deszczach mogą być znaczne, chociaż i wówczas natężenie erozji gleb nie jest tak silne jak można by się było spodziewać, sądząc po dużych spadkach i znacznej długości zboczy. Powody są następujące: odporność gleb, okrywa roślinna (długotrwałe deszcze padają przede wszystkim w miesiącach: lipiec i sierpień, a więc w okresie pełnej wegetacji), znaczny udział lasów i trwałych użytków zielonych, wykonywanie zabiegów ochronnych, takich jak: orka poprzeczna do spadku, tarasy naorywane, odprowadzanie wody bruzdami i rowami do miejsc umocnionych darnią lub lasem. Wszystko to zmniejsza, ale nie eliminuje występowania erozji w terenach górskich. Wprawdzie zmyw gleby ze zboczy może nie być duży, ale rozmyciu ulegają drogi polne, potoki górskie i inne linie spływu (wąwozy itp.). Ponadto zwiększające się wskutek długotrwałych deszczów uwilgotnienie gleby powoduje wzrost ciężaru wierzchniej warstwy ziemi i zmniejszenie tarcia międzycząsteczkowego. W wyniku tego mogą powstać groźne w skutkach osuwiska, zwłaszcza w przypadku takiej budowy geologicznej, kiedy wierzchnia warstwa przepuszczalna leży na pochylonej ze spadkiem zbocza warstwie o małej przepuszczalności (np. ilastej). Znane są przypadki zniszczenia przez jedno osuwisko kilkudziesięciu hektarów gruntów ornych (lub lasów), budynków oraz dróg komunikacyjnych. Jakkolwiek ilość gleby zmywanej ze zboczy górskich nie jest zbyt duża, to jednak potoki i rzeki górskie wynoszą średnio rocznie z 1 km<sup>2</sup> zlewni około 100 ton rumowiska [3]. Materiał ten pochodzi jednak głównie z dna dolin, z koryt potoków i rzek, z nie umocnionych dróg i z osuwisk.

Istnieje współzależność pomiędzy prędkością płynącej wody a jej zdolnością porywania, unoszenia i transportu materiału. Siła unoszenia zależy od głębokości strugi (napełnienia koryta), od spadku i od ciężaru właściwego. Im większa jest głębokość strugi i większy jej spadek, tym większa jest siła unoszenia wody. Trudniej jest wyjaśnić znaczenie ciężaru właściwego. Zwykle bowiem uważa się, że wartość ta odniesiona do wody jest stała (lub dość stała). Tymczasem zaś podczas wezbrań płynie mieszanina wody, cząstek ziemistych, piasku, żwiru, a nierzadko również otoczków i odłamków skalnych. Ciężar właściwy takiej mieszaniny dochodzi do 2 t/m<sup>3</sup> [13]. Wskutek tego mieszanina ta ma dwukrotnie większą siłę unoszenia niż czysta woda (przy tym samym napełnieniu i spadku). Ponadto zwiększa się także siła wyporu i dlatego właśnie pod-

czas wezbrań przetaczają się po dnie odłamki skalne o wadze kilku ton. Atakują one i niszczą mosty i wszelkie techniczne umocnienia brzegów i dna. Niewielkie nawet zmniejszenie siły unoszenia przez np. zmniejszenie spadku powoduje natychmiastowe zatrzymanie się grubego rumowiska. Ma to miejsce przy ujściach bocznych dopływów do odbiornika (stożki napływowe przegradzające czasem dno doliny i utrudniające odpływ), a przede wszystkim przy wlocie rzeki do zbiornika wodnego. A zbiorniki te w górach oprócz zadań energetycznych odgrywają dużą rolę w regulowaniu spływów, a więc w zatrzymywaniu wód powodziowych i dostarczaniu wody w okresach jej braku.

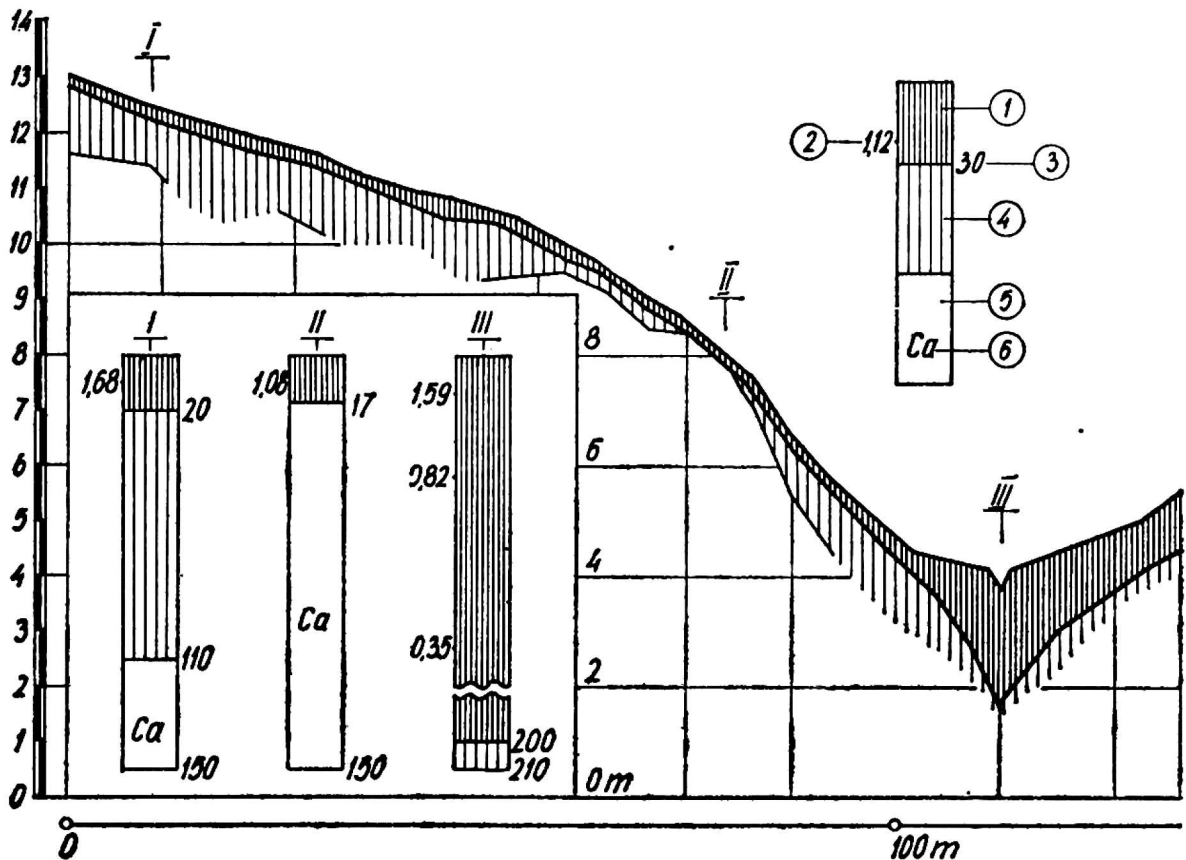
Nie jest tajemnicą, że stale wzrastają trudności w zaopatrywaniu miast w czystą wodę dla potrzeb ludności i przemysłu. Tereny górskie są (czy będą) rezerwuarem wody dla całej Polski. Dlatego też erozja, która pośrednio ten rezerwuuar uboży, musi być oceniona jako zjawisko bardzo szkodliwe. To erozja bowiem jest przyczyną zmniejszania pojemności zbiorników wodnych, zmniejszania się retencji, obniżania poziomu wód gruntowych, małej wydajności źródeł. Działanie erozji powoduje natomiast przyspieszanie spływów powierzchniowych i zwiększanie wezbrań powodziowych.

Jeśli tereny górskie są głównie rejonem działania erozji liniowej, to lessowe tereny wyżyn: Lubelskiej i Małopolskiej są narażone głównie na działanie silnej erozji powierzchniowej. Tym niemniej występuje tu również, chociaż w nieco innej postaci niż w górach, erozja liniowa, której wynikiem są głównie wąwozy. Na wyżynach tych panuje klimat umiarkowany, wyraźnie ulegający okresowo wpływom klimatu kontynentalnego. W okresie lata mogą wystąpić długotrwałe upały oraz silne opady burzowe o natężeniu nie spotykanym w innych częściach Polski. Natężenie opadu może wynosić do 3 mm/min, a nawet maksymalnie dochodzi do 7 mm/min [18]. Deszcze te najczęściej występują w okresie od czerwca do sierpnia, a więc w czasie pełnej wegetacji. Dlatego też podobnie jak w górach najsilniej są rozmywane linie spływu wody, głównie wąwozy. Wąwozy mogą powstać w podatnym na rozmyw lessie nawet po jednym silnym deszczu. Szczególnie są narażone na rozmyw drogi gruntowe. Erozja powierzchniowa występuje najsilniej na zaoranych, ale nieosłoniętych roślinnością zboczach oraz przy uprawach, które wymagają spulchniania międzyrzędzi (ziemniaki, buraki, tytoń, kukurydza itp.).

Podobnie jak upalne lata, mogą wystąpić w tym rejonie również mroźne i śnieżne zimy. W czasie roztopów, wody, które nie mogą wsiąkać w głęboko zamarznąłą glebę, porywają drobne cząstki ziemiste. Gleba nalessowa, na przykład, traci w tym okresie swe dobre właściwości fizyczne. Jest to głównie wynikiem działania mrozu i nadmiernego uwilgotnienia. W odróżnieniu od szkód wywołanych silnymi burzowymi desz-



czami, które mają zwykle mały zasięg (kilka do kilkunastu km<sup>2</sup>), szkody wyrządzone przez spływy wód roztopowych obejmują praktycznie biorąc wszystkie zbocza [17]. Dlatego też są one uważane za bardziej groźne, jeżeli chodzi o ubytek gleby ze zboczy (rys. 2). Najsilniej niszczone jest



Rys. 2. Przekrój niwelacyjno-glebowy Lublina (wg S. Ziemińskiego): 1 — warstwa próchniczna, 2 — procentowa zawartość próchnicy, 3 — głębokość w cm, 4 — warstwa przejściowa, 5 — podłoże — less, 6 — występowanie CaCO<sub>3</sub>

wówczas gleba na zboczach o wystawie południowej oraz gleba nieosłonięta resztkami roślin (dobrą osłonę w okresie roztopów zapewnia darnń, koniczyna, lucerna, żyto i rzepak ozimy).

W odróżnieniu od terenów górskich, gdzie udział pól ornych w użytkowaniu ziemi nie jest duży (a powinien być nawet zmniejszony), tereny lessowe wyżyn — spichlerz Polski, są obszarem prawie wyłącznie rolniczym. Związane jest to z dobrymi właściwościami gleb wytworzonych na lessach oraz z dogodnymi warunkami klimatycznymi (największa w Polsce ilość ciepła w okresie wegetacji). Wieloletnia uprawa płużna i — w odróżnieniu od terenów górskich — brak jakichkolwiek zabezpieczeń przed erozją doprowadziły do silnego zubożenia gleb powstałych na lessie, i do zmniejszenia się miąższości poziomu próchnicznego. Duża podatność lessu na rozmyw doprowadziła do powstania niezwykle urozmaiconej, zmieniającej się rzeźby. Zbocza są zwykle krótkie (o długości około 50 m), pofalowane, o różnych wystawach, często porozcinane wą-

wozami [7, 11, 16, 18]. Głębokość starszych wąwozów, wciętych w podścielającą less skałę wapienną, dochodzi do 30-40 m. Wąwozy młode, w wieku najwyżej do 100 lat, są znacznie płytsze, mają głębokość około 5-7 m, charakterystyczne dla nich pionowe, urwiste ściany i rozmyte dno.

Dla aktualnego ustalenia zagrożenia erozją nie bez znaczenia są zachodzące i obserwowane spływy powierzchniowe, w wyniku których powstają żłobiny i wąwozy. Należy zaznaczyć, że natężenie erozji na terenach wyżyn ulega dużym wahaniom. Wiąże się to z układem elementów meteorologicznych. Ponieważ nauka polska rozporządza obserwacjami procesów erozji gleb ze stosunkowo krótkiego okresu kilkudziesięciu lat, można jedynie orientacyjnie podać, że największe natężenie erozji wystąpiło w okresie ostatniej wojny (mroźne, śnieżne zimy). W następnych latach procesy te były coraz słabsze. Wyjątek stanowił rok 1956, kiedy to natężenie erozji było silne. Od 1969 do 1976 r. spływy powierzchniowe były niewielkie. Podobnie jednak, jak należy się liczyć z możliwością powodzi, mimo że przez kilka czy kilkanaście lat jej nie było, tak i należy się liczyć z możliwością nawrotu okresów o silnej erozji. Wówczas zaś skutki braku zabezpieczeń terenów lessowych przed erozją będą wyraźne i dotkliwe.

Przeciętnie rocznie ubywa ze zboczy lessowych o spadku rzędu 10<sup>0</sup>/o warstwa gleby miąższości do 5 mm [1, 19]. Ale rzeki falistych terenów lessowych odprowadzają stosunkowo mało materiału, około 10 t/km<sup>2</sup> rocznie [3]. Natomiast znaczna jego część osadza się u podnóża zboczy (rys. 2), na dnie dolin (najczęściej suchych), w zbiornikach wodnych.

Można by przypuszczać, że jałowość gleb na zboczach jest równoważona, bodaj częściowo, przez dużą zasobność gleb namytych. Otóż gleby namyte są rzeczywiście bardziej zasobne, ale mają znacznie gorsze właściwości wodno-fizyczne niż macierzysty less. Jeśli na zboczach lessowych wysokie plony warunkuje dostateczne uwilgotnienie, to na glebach namytych, o nadmiernym uwilgotnieniu — plony zależą od ilości powietrza w glebie. Najlepszym dotychczas znanym sposobem zgrubiania gleb namytych jest stosowanie roślin strukturotwórczych (motylkowe z trawami). Ponadto czasem w miejscach o bardzo złych stosunkach wodno-powietrznych mogą okazać się niezbędne melioracje techniczne (drenaż).

Obszar pojezierzy, zbudowany z moren czołowych, ma klimat charakteryzujący się większą w porównaniu z niżem ilością opadów, większym uwilgotnieniem powietrza i niższymi temperaturami w okresie wegetacji. Klimat ten sprzyja przede wszystkim wzrostowi traw i roślin drzewiastych. Uprawa zbóż jest często zawodna wobec trudności ich dojrzewania i sprzętu. Mimo że deszcze ulewne mają mniejsze natężenie niż np. na wyżynach Polski, to jednak czynią znaczne szkody, zwłaszcza

na zboczach o glebach piaszczystych przy ich uprawie płużnej [9]. Rzeźba jest bardzo urozmaicona, a materiał glebowy zróżnicowany, co zwiększa zagrożenie rozmywem [14]. Spadki i długości zboczy są czasem nawet większe niż na sfałowanych terenach wyżyn lessowych. Umiarkowane, jak dotychczas, zniszczenie gleb tego rejonu można w dużej mierze przypisać znacznej ilości lasów oraz dużym obszarom zajmowanym jeszcze do niedawna przez pastwiska. W każdym razie jest to rejon zagrożony działaniem erozji wodnej.

Ogólna powierzchnia potencjalnie zagrożona wodną erozją w Polsce została oszacowana na około 20% ogólnego obszaru, co odpowiada około 5 do 6 mln hektarów [11]. W rzeczywistości powierzchnia ta nie jest aż tak duża. To nadmierne wyliczenie wynikało głównie z faktu, że rejonery erozyjne wydzielano na mapach o zbyt małej podziałce [18]. Ponadto część tych terenów znajduje się pod trwałą roślinnością lub jest zabezpieczona przez zabiegi ochronne. Powierzchnię zagrożoną, bądź już w znacznej mierze zniszczoną przez erozję, można szacować na około 2 mln ha. Z tego na wyżyny: Lubelską i Małopolską przypada około 800 000 ha, na tereny górskie po wyłączeniu obszarów pod łąkami i lasami oraz dostatecznie zabezpieczonych, np. przez ich starasowanie, około 200 000 ha. Ponadto około 1 mln ha stanowią obszary zagrożone w mniejszym stopniu niż poprzednio wymienione. Oprócz powierzchni pól ornych, nie można pominąć stale rosnącej powierzchni zboczy zwałowisk np. odkrywkowych kopalń węgla brunatnego, siarki i innych, szacowanej aktualnie na około 150 000 ha [6]. Zbocza te są silnie zagrożone rozmywem.

#### OCHRONA PRZED EROZJĄ

Prognozowanie rozwoju i następstw działania erozji można by dokładniej opracować na podstawie zamierzeń gospodarczych dla poszczególnych rejonów. Zamierzenia takie są jednak często zmieniane, modyfikowane i aktualizowane. Z tego względu bardziej słuszne będzie ustalanie prognoz do 2000 r. dla dwu wariantów: według stanu użytkowania, jaki z punktu widzenia ochrony gleb przed erozją winien istnieć (program maksimum), oraz według stanu aktualnego użytkowania ziemi w sektorze państwowym i uspołecznionym. Oba wymienione warianty będą tu traktowane łącznie dla wymienionych już rejonów kraju.

Tereny niżu Polski o niedużej ilości opadów (niższej od średniej), przeważnie płaskie, gdzie może wystąpić erozja wietrzna wymagają zabiegów zmierzających do zabezpieczenia dostatecznych ilości wody dla produkcji rolnej, dla lasów i innych potrzeb. Program maksimum musi przewidzieć wyłączenie części pól ornych w celu zwiększenia powierz-

chni lasów (głównie na piaskach) na zakładanie pasowych zadrzewień oraz na zbiorniki wodne. Będzie to wymagało zmniejszenia powierzchni pól ornych około 5 do 10% (zależnie głównie od rodzaju gleb i stosunków wodnych). Ponadto sposób eksploatacji rolniczej tych terenów musi uwzględnić fakt występowania niedoborów wody. Można zalecać stosowanie metody Egerszegiego, polegającej na wprowadzaniu nawozów organicznych lub mineralnych na głębokość kilkudziesięciu cm (orka pługiem Nawrockiego), uprawę ze zmniejszoną ilością orki, stosowanie znanych w rolnictwie sposobów zwiększenia retencji wodnej gleb w okresie jesieni, zimy i wczesnej wiosny. Na obszarze tym należałoby prowadzić na dużą skalę nawadnianie przy pomocy deszczowni. Wielkość powierzchni nawadnianych będzie zależała jednak od możliwości poboru wody ze zbiorników, z rzek (zapewne niewiele) i z zasobów podziemnych. Jeżeli wymienione zabiegi czy zalecenia nie będą uwzględnione, to należy się liczyć z dalszymi niekorzystnymi zmianami. Zmiany te nie są i nie będą natychmiastowe. Jedynie coraz bardziej będą zawodne plony, coraz więcej będzie lat suchych, coraz większe będą niedobory wody i wilgoci w glebie.

Jeśli na niżu (przy braku przeciwdziałania) wystąpi coraz dokuczliwszy brak wody, to w terenach górskich coraz silniejsze mogą być następstwa okresowego jej nadmiaru. Program maksimum musi to przede wszystkim uwzględnić. Spływy powierzchniowe zagrażają glebie na zboczach, nadmierne uwilgotnienie materiału glebowego grozi powstaniem osuwisk [22], a duże skoncentrowane spływy powodziowe rozmywają drogi, wąwozy i koryta rzek. Program maksimum musi zakładać z jednej strony konieczność utrzymania gleby na zboczach, a z drugiej możliwość utrzymania jak największej ilości wody. Jeszcze raz należy podkreślić, że największe zniszczenia podczas powodzi powoduje nie tyle woda, ile wleczone i toczone rumowisko, złożone z głazów skalnych, otoczków i żwiru. Rumowisko to może przykryć i wyłączyć z użytkowania żyzne gleby niektórych dolin, a ponadto zagraża zbiornikom wodnym, gdyż zmniejsza ich objętość użytkową.

Na zboczach górskich należy ograniczyć powierzchnie uprawne. Stopień tego ograniczenia będzie zależał od rzeźby (spadki i długości zboczy), gleby i warunków klimatycznych. Tak zwaną granicę polno-leśną często trzeba będzie obniżyć. Powierzchnia lasów musi być zwiększona, a drzewostan przebudowany (tam, gdzie to konieczne) do właściwego dla danego siedliska. Poniżej lasów będą łąki kośne. Łąki te mogą dostarczyć znacznych plonów i umożliwić intensywny chów zwierząt domowych pod warunkiem właściwej pielęgnacji. Ponieważ zarówno lasy, jak i w jeszcze większym stopniu łąki, zajmą część dawnych pól, przestrzega się przed niszczeniem skarpy stanowiących ich granice. Skarpy te bo-



wiem zmniejszają spadek zbocza i zatrzymują zmywaną lub splełzającą glebę [16]. Łąki kośne na zboczach górskich wymagają właściwego sprzętu mechanicznego do ich pielęgnacji. Na uwagę zasługuje sprawa transportu oraz stanu dróg dojazdowych. Aktualnie drogi dojazdowe prowadzące na zbocza górskie znajdują się w opłakanym stanie, są porozmywane i często w ogóle nieprzejezdne, stanowiąc niekontrolowane okresowe linie spływu wody. Oczywiście ilość dróg może być zmniejszona, ale drogi te muszą być właściwie usytuowane, a następnie zabezpieczone przed rozmywem.

Użytkowanie zboczy górskich może być rozszerzone przez wykorzystanie ich na sady. Rozwinięte już sadownictwo w rejonie nowosądeckim przekonuje o możliwości dobrego plonowania drzew owocowych w górach. Sady te mogą rosnać w darni, gdyż znaczna ilość opadów zmniejsza wzajemną konkurencję drzew i traw w pobieraniu wody. Warto wspomnieć, że w niektórych państwach cierpiących na brak terenów przydatnych dla uprawy płużnej, wolno zakładać sady jedynie na zboczach nieprzydatnych dla rolnictwa. Przy zakładaniu sadów należy wykorzystać i chronić skarpy. W razie potrzeby można nawet zalecać mechaniczne wykonywanie tarasów. Drzewa na tarasach lepiej rosną, łatwiej wykorzystują dostarczane pokarmy, a ponadto łatwiejszy jest zbiór owoców [8].

Poniżej lasów, łąk i sadów mogą — zależnie od lokalnych warunków — pozostać pola orne. Ale muszą być one tak zlokalizowane i uprawiane, aby nie wystąpiła groźba erozji.

Szczególną uwagę należy zwrócić w górach na potoki i rzeki oraz na zbocza dolin. Stabilność zboczy jest ściśle uzależniona od stanu potoku. Potok ten spełnia dla zbocza rolę podstawy (bazy) erozyjnej. Tylko przy stałej, utrwalonej bazie możliwe jest zahamowanie procesów erozji na zboczu. Należy pamiętać, że po zalesieniu i umocnieniu zboczy roślinnością zmniejszenie się ilości spływającej wody oraz dopływu rumowiska nastąpi powoli. Umocnienie bowiem np. przez zalesienie jest skuteczne dopiero po upływie co najmniej 10-15 lat. Z biegiem czasu roślinność będzie coraz silniej osłaniała i wiązała glebę, ale na ten okres przejściowy konieczne będzie zapewnienie stabilności potoku. Potok górski nie może po każdym większym przepływie zmieniać koryta, nie może atakować i podmywać brzegów. Ponadto powinien być zahamowany transport grubego rumowiska.

Spośród znanych i stosowanych sposobów technicznego zabezpieczenia dna potoku przed rozmywem i zahamowania ruchu rumowiska, na pierwsze miejsce wysuwają się zapory przeciwrumowiskowe. Jedną z najlepszych, obecnie stosowanych budowli tego typu jest żelbetowa zaporą Pasternaka. Zapory muszą być tak rozmieszczone, aby począwszy

od ujścia aż do źródeł ruch materiału był niemożliwy. Należy zaznaczyć, że nigdy umocnienie potoku nie da spodziewanych efektów, jeżeli jednocześnie nie przystąpi się do zabezpieczania całej zlewni, a szczególnie zboczy doliny potoku. Zbocza te umacnia się z reguły roślinnością. Wprowadza się zadrzewienia również na dno doliny potoku, aby uniemożliwić zmianę koryta. Dobór roślinności i rozmieszczenie podał dokładnie Prochal [10].

Czynne osuwiska, przegradzające niekiedy potoki, muszą być umocnione. Niezbędne będą kosztowne zabiegi techniczne zmierzające do zmniejszenia uwilgotnienia, a tym samym do zmniejszenia ciężaru mas ziemnych usuwających się pod działaniem siły ciężenia ku dołowi. Najczęściej konieczne będzie przechwycenie dopływających do osuwiska wód zarówno powierzchniowych, jak i podziemnych [22].

Oprócz zapór, które najskuteczniej umacniają potoki, stosuje się również inne typy budowli. Większe potoki i rzeki górskie dobrze umacnia system stopni o wysokości po około 2 m. Zaleca się stosowanie konstrukcji Pasternaka, która ma oprócz innych zalet i tę, że stopnie można budować z prefabrykatów. Pozwala to na szybkie wykonanie budowli i obniża jej koszt.

Umocnienie potoków górskich i właściwe zagospodarowanie zlewni zabezpieczy dopływ czystej wody do zbiorników i znacznie zmniejszy zamulanie. Ilość zbiorników wodnych w górach jest jeszcze niedostateczna i mimo dużych kosztów budowy musi być zwiększona. Magazynowana w nich woda służy aktualnie potrzebom energetyki. Z biegiem czasu powinno to ulec zmianie, gdyż czystą wodę należy zabezpieczyć przede wszystkim dla ludności i dla potrzeb rolnictwa.

Mówiąc o górach trudno określić program minimum. Tutaj nie można stosować półśrodków. Już w swoim czasie Bac ostrzegał przed „zdobyczami pługa” w Kotlinie Kłodzkiej. Rzeczywiście, zaorywane pastwiska na zboczach dostarczały w okresie kilku pierwszych lat wysokich plonów roślin uprawnych, ale już po około 20 latach nastąpiło wyjałowienie, a często i zupełne zmycie gleby. Nie wolno do tego dopuszczać. Należy przywrócić pastwiska tam, gdzie zostały one zniszczone. Nie wolno niszczyć skarp i łączyć na zboczu wąskich pól wstęgowych w jedno duże pole. Wywoła to bowiem, po ewentualnym jednorocznym lub najwyżej kilkuletnim sukcesie, całkowite zniszczenie gleb, a jednocześnie przyspieszy zasypanie koryt potoków i rzek górskich rumowiskiem oraz zamulanie zbiorników wodnych.

Tereny górskie nigdy nie dostarczały większych ilości płodów rolnych, toteż zamiana części pól ornych o płytkich glebach na lasy czy pastwiska nie powinna przynieść istotnego uszczerbku w globalnej masie otrzymywanych środków żywności.

Inaczej będzie ta kwestia wyglądać na wyżynach, o glebach powstałych na lessie lub na skale wapiennej (rędziny). Gleby te należą do najlepszych w Polsce, ale jednocześnie są najmniej odporne na działanie erozji wodnej. Aktualnie nie stosuje się w tym rejonie zabiegów ochrony gleby. Dlatego wskutek erozji oraz przemieszczania gleby ku dołowi podczas mechanicznej uprawy nastąpiły bardzo wyraźne zmiany, które objęły gleby, rzeźbę oraz stosunki wodne.

Program maksimum przewiduje propozycję istotnego zmniejszenia powierzchni pól ornych — około 20<sup>0</sup>%, z czego około 15<sup>0</sup>% przypadnie na strome zbocza (o spadku ponad 20<sup>0</sup>%), a 5<sup>0</sup>% na dna dolin. Zbocza mogą być albo zalesione, albo obsadzone drzewami owocowymi; natomiast dna dolin powinny być zadarnione. Przy takim rozwiązaniu uprawa lekko sfalowanych partii wierzchowinowych będzie możliwa przy użyciu istniejących maszyn i narzędzi produkowanych w zasadzie do pracy w terenie płaskim. Możliwe jest i inne rozwiązanie, które pociągnie za sobą konieczność zastosowania na zboczach całego szeregu zabiegów przeciwerozyjnych, takich jak: pola wstęgowe, tarasy naorywane, mechaniczne wyrównywanie zboczy pociętych żłobinami. Pola te będą jednak wąskie i mało przydatne do uprawy traktorowej.

Program minimum przyjmuje stan podobny do aktualnego, kiedy to w obrębie jednego pola znajdują się zbocza i dno doliny. Częściowe zabezpieczenie gleby można będzie uzyskać przez wprowadzenie na szeroką skalę uprawy „minimum” oraz stosowanie malczowania, czyli pozostawiania na polu resztek poźniwnych. Należy liczyć się z tym, że przy łączeniu w duże pola terenów o zróżnicowanej rzeźbie nieuniknione będzie stosowanie orki „z góry na dół”, przy której zachodzi znaczne przemieszczanie gleby ku dołowi. Przemieszczanie to, uzależnione między innymi od prędkości przesuwania się pługa, jest większe przy użyciu pługów traktorowych niż konnych. Dlatego konieczne będzie zmniejszenie ilości orki na takich terenach i stosowanie w szerszym zakresie uprawy roślin wieloletnich.

Na szczególną uwagę zasługuje problem wąwozów. Tworzą one lokalnie tak gęstą sieć, że dojazdy do pól położonych pomiędzy nimi są prawie niemożliwe. Gęstość sieci wąwozów wynosi na wyżynach około 1 km/km<sup>2</sup> zlewni, ale są obszary, gdzie dochodzi ona do 8 km/km<sup>2</sup> [7]. Większość tych wąwozów ulega dalszym rozmywom; pogłębia się dno, obrywają się boczne ściany nawet pomimo niewielkich spływów powierzchniowych w ostatnich latach.

Należy podkreślić konieczność umacniania wąwozów roślinnością lub w razie potrzeby również przy pomocy budowli technicznych. Zarówno zadrzewienia wąwozów, jak i ich obrzeży oraz zadrzewienia stromych zboczy poprawią warunki krążenia wody.



Podatność gleb powstałych na lessie, jak i skały lessowej na rozmyw jest ogromna. Świadczy o tym powstanie studni oraz korytarzy podziemnych. Rędziny są bardziej odporne, ale w przypadku zmycia warstwy próchnicznej odsłania się twarda skała wapienna i zbrocze staje się nieużytkiem.

Ochroną przed erozją powinna być objęta również znaczna część rzek na wyżynach. Istniejące niegdyś na tych rzekach urządzenia piętrzące wodę, głównie dla młynów wodnych, uległy zniszczeniu. Wyzwoliło to erozję denną, wskutek czego uległ obniżeniu poziom wód gruntowych. A nie można zapominać, że jest to obszar dość suchy. Średnia roczna ilość opadów w Lublinie wynosi tylko 550 mm przy średniej dla Polski równej 600 mm. Ażeby utrzymać zwierciadło wód gruntowych na właściwym poziomie i umożliwić istnienie łąk w dolinach rzek, konieczne będzie obok zahamowania erozji dennej rzek zakładanie lub odbudowa małych zbiorników wodnych — stawów rybnych.

Pojezierza są rejonem mniej zagrożonym erozją gleb niż lessy na wyżynach, ale i tam problem ten jest istotny. Dowiodły tego liczne badania [9, 14]. Podobnie jak na lessach, urzeźbienie terenu jest bardzo urozmaicone, co bardzo utrudnia wprowadzanie zabiegów ochronnych. Gleby są tu mniej przydatne do uprawy płużnej niż lessy. Występuje znaczna mozaikowość materiału glebowego: od piasku do ciężkich glin. Na glinach natężenie erozji wodnej jest słabe, na piaskach większe. Przy uprawie płużnej odbywa się mechaniczne przemieszczanie gleb. Wyłączenie znacznych nawet obszarów z uprawy płużnej i przeznaczenie na pastwiska lub lasy nie przyniesie większych strat rolnictwu, zwłaszcza, że dość silne uwilgotnienie powietrza, częste opady i chłody sprawiają, że plony np. zbóż są niepewne. Większe korzyści mogą dać lasy, pastwiska lub uprawa mieszanek pastewnych z trawami.

Program maksimum powinien uwzględniać potrzebę zwiększenia zalesień i zadrzewień (np. na wierzchołkach pagórków) oraz pastwisk kosztem zmniejszenia powierzchni pól orných. Pola orne mogą pozostać jedynie na terenach nie zagrożonych przez erozję, o właściwej dla uprawy rolnej glebie. Jeziora, tak charakterystyczne dla tego rejonu, mające obok walorów turystycznych także i znaczenie gospodarcze, powinny być zabezpieczane przed zanieczyszczeniami, przed obniżaniem lustra wody i otoczone pasem leśnym.

Program minimum nie będzie odbiegał zasadniczo od programu maksimum. Jedynie zamiana mało przydatnych dla rolnictwa terenów uprawnych na inne, właściwe użytki może odbywać się w wolniejszym tempie.

Odrębne miejsce zajmują bardzo strome brzegi nadmorskie. Wymagają one zabezpieczeń technicznych i roślinnych przed zniszczeniem przez



fale oraz spływające po zboczach wody. Szczególnej opieki wymagają wydmy nadmorskie.

Wreszcie warto kilka słów poświęcić terenom zniszczonym i dalej niszczonym przez przemysł. Wprawdzie aktualne ustawodawstwo nakłada obowiązek rekultywacji, ale realizacja często pozostawia wiele do życzenia. Nie można pominąć szkodliwego obniżania poziomu wód gruntowych przez kopalnictwo odkrywkowe i głębokie kopalnie piasku podsadzkiowego. Zasięgi lejów depresyjnych zwiększają się z biegiem czasu, utrudniając właściwe użytkowanie ziemi. W pobliżu kopalń odkrywkowych wykonywane są w pewnych przypadkach (np. w sąsiedztwie rzeki) tzw. ekrany zmniejszające przepuszczalność gruntu. Są to wprawdzie zabiegi kosztowne, ale po pewnym ich zmodyfikowaniu powinny być stosowane dla zabezpieczenia właściwego poziomu wód gruntowych na przyległych polach ornych.

Przykładem właściwego zagospodarowania nieużytków poprzemysłowych są pewne okolice Katowic, gdzie zrealizowano w dużym stopniu plan otoczenia miasta zielenią i zbiornikami wodnymi dla celów rekreacyjnych.

Mimo że Polska leży w strefie klimatu umiarkowanego o niedużym klimatycznym zagrożeniu erozją, to kilkusetletnia, często rabunkowa eksploatacja ziemi doprowadziła do zagrożenia poważnymi zniszczeniami w przypadku niewłaściwego użytkowania ziemi. Groźby erozji nie należy lekceważyć. Należy pamiętać, że erozja nie tylko zagraża glebie, ale także wywołuje lub przyspiesza szkodliwe zmiany w krążeniu wody, objawiające się głównie rosnącym jej niedoborem.

#### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeciwdziałanie erozji to jednocześnie walka o utrzymanie życiodajnej gleby i zabezpieczenie koniecznych ilości wody. Należy podkreślić, że nie jest to zadanie, które powinno wypełnić jedynie rolnictwo i służby pomocnicze jak np. melioracje, ale jest to zadanie dla całego społeczeństwa, dla większości działów gospodarki narodowej. Program przeciwdziałania erozji nie przyniesie większych rezultatów, jeżeli nie zabroni się orki na stromych zboczach, wypasu w zalesionych wąwozach, samowolnego wyrębu drzew itp.

Omówione zagadnienia pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Erozja gleb zarówno wietrzna, jak i wodna niszczy gleby i pogarsza stosunki wodne. Niszczenie to przybiera na sile, gdyż gleba o płytkiej i ubogiej w składniki pokarmowe warstwie próchnicznej, odczuwająca

okresowo niedostatek wody, coraz słabiej plonuje i coraz silniej ulega dalszej dewastacji. Potencjalnie erozji wietrznej mogą ulegać wszystkie gleby Polski w okresie, kiedy są zbyt suche i nie są osłonięte roślinnością. Erozji wodnej ulega około 2 mln hektarów pól uprawnych, a potencjalnie jest zagrożone około 4 mln ha. Roczna strata plonów wskutek erozji szacowana jest w przeliczeniu na około 3 mln kwintali pszenicy [20].

2. Konieczne jest kształcenie fachowców dla ochrony przed erozją oraz uświadamianie społeczeństwa o groźbie erozji (prasa, radio, telewizja).

3. Program ochrony zestawiony przeglądowo dla różnych regionów próbowano podzielić na minimum i maksimum.

(a) Niż Polski

— minimum: zwiększenie zalesień i zadrzewień na glebach lekkich przy utrzymaniu we właściwym stanie istniejących, stosowanie w miarę potrzeby metody Egerszegiego malczowania, uprawy „minimum”, zwiększenie areału roślin strukturotwórczych;

— maksimum: objęcie całego obszaru planowym dodrzewianiem, utrzymanie wód w naturalnych zbiornikach, budowa nowych, nawadnianie.

(b) Tereny górskie

— minimum: ograniczenie dowolnego użytkowania ziemi, a głównie zakaz orki z góry ku dołowi na zboczach oraz zakaz orki zbyt stromych zboczy, umocnienie potoków górskich w miejscach, gdzie zagrożone są zbocza, kontrola istniejącego układu dróg, zmniejszenie ich długości i umocnienie zagrożonych odcinków, umocnienie terenów zagrożonych osuwiskami;

— maksimum: ustalenie i wprowadzenie właściwego układu użytków (lasy, zadrzewienia, pastwiska, sady, pola orne), umocnienie wszelkich linii spływu (drogi, wąwozy), umocnienie osuwisk, regulacja potoków, rzek i magazynowanie czystej wody.

(c) Wyżyny o żyznych glebach

— minimum: ograniczenie swobodnego użytkowania ziemi, zakaz orki na stromych zboczach o spadku ponad 20%, jeżeli nie stosuje się zabiegów, wprowadzenie zadrzewień śródpolnych przede wszystkim w wąwozach, wyłączenie z uprawy suchych dolin, którymi okresowo spływają wody, częściowa zmiana trasy i umacnianie dróg, zahamowanie erozji rzek;

— maksimum: opracowanie i wprowadzenie projektu właściwego rozkładu użytków (pola orne, sady, zadrzewienia, trwałe użytki zielone), zabiegi ochronne na zboczach o spadku od około 10 do 20%, ograniczenia w doborze roślin zależnie od stopnia zagrożenia erozją.

## (d) Pojezierza

— minimum: podobnie jak dla wyżyn;

— makisimum: zwiększenie powierzchni lasów i trwałych użytków zielonych, utrzymanie i gdzie to jest możliwe zwiększenie zasobów wodnych, ochrona całego wybrzeża morskiego szerokim (zależnie od warunków i potrzeb) pasem lasów ochronnych.

## (e) Tereny poprzemysłowe

— maksimum: pominięto świadomie minimum, gdyż wobec stosunkowo małych powierzchni i ogromnych sum, jakie otrzymuje się za bogactwa ziemi, należy żądać, aby przemysł pozostawiał teren w takim samym lub nawet w lepszym stanie: planowe sypanie zwałowisk umożliwiające rekultywację, rozwiązywanie stosunków wodnych dla miejsc sypania zwałowiska, a następnie dla samych zwałowisk, okrycie zwałowisk roślinnością, a wyrobisk końcowych lustrem czystej wody; obok zadrzewień należy uwzględniać możliwości odtwarzania pól ornych głównie na zwałowiskach wewnętrznych po ich właściwym uformowaniu i zmeliowaniu.

Rozdzielenie programów minimum i maksimum jest właściwie niemożliwe, gdyż naruszenie równowagi przyrody rozszerza się i na działy, które zamierzano pozostawić w naturalnym stanie. Proces ten może przebiegać powoli, ale na pewno każde obniżenie poziomu wody w zbiornikach czy w rzece, każdy rozmyty wąwóz, osuwisko itp. zmienia na niekorzyść warunki życia.

Niezależnie od podanych uwag warto jeszcze przypomnieć, że raz straconej gleby nic już nie wróci na pierwotne miejsce. Corocznie uchodzą rzekami miliony ton lessu — najwartościowszego w Polsce substratu glebowego. Wskutek erozji wzrasta liczba dolin i wąwozów, pogłębiają się rzeki, zamulane są zbiorniki wodne. Prowadzi to do zmniejszania się zasobów wodnych, do obniżania poziomu wód gruntowych. Erozja zwiększa pośrednio zagrożenie powodzią oraz suszą, które mogą być nawet bardziej niebezpieczne niż stały, ale mniej odczuwalny ubytek gleby.

## LITERATURA

1. Bac S.: Przyczynek do badań nad zmianą położenia powierzchni ornych gruntów lessowych. Rocz. Nauk rol., t. 19, z. 3, 1928.
2. Bac S.: Wpływ pracy pługa na przemieszczanie gleb. Rocz. Nauk rol., t. 54, 1950.
3. Brański J.: Charakterystyka transportu rumowiska unoszonego w rzekach polskich. Gosp. wod., 11, 1968.
4. Chudecki Z.: Wstępna charakterystyka oddziaływania erozji wodnej na fizykochemiczne właściwości gleb w strefie moreny czołowej na Pojezierzu Pomorskim. Zesz. nauk. WSR Szczec., nr 3, 1960.

5. Dobrzański B.: Z badań wpływu erozji na ewolucję gleb w Polsce. Wiad. IMUZ, t. 1, z. 4, 1960.
6. Greszta J., Morawski S.: Rekultywacja nieużytków przemysłowych. PWRiL, Warszawa 1962.
7. Józefaciuk Cz.: Struktura przestrzenna erozji wąwozowej na Lubelszczyźnie oraz zagospodarowanie wybranych wąwozów. IUNG, 41, Puławy 1972.
8. Measnicov M., Mihai Gh., Stanescu P.: Combaterea eroziunii solului. Bucuresti 1968.
9. Niewiadomski W.: Badania nad erozją gleb na północy Polski okres 1950-1967. Procesy erozyjne i problem ochrony gleby w Polsce. WSR Lublin, Katedra Melioracji Rolnych, z. 2, PWRiL, Warszawa 1968.
10. Prochal P.: Analiza zabudowania potoków karpaccich na tle warunków fizjograficznych w woj. krakowskim. WSR, Kraków 1961.
11. Reniger A.: Próba oceny nasilenia i zasięgów potencjalnej erozji gleb w Polsce. Roczn. Nauk rol., t. 54, 1950.
12. Repelewska-Pękalowa J.: Denudacja na zwałach odkrywkowej kopalni siarki w Piasecznie. Zesz. prob. Post. Nauk rol., z. 130, 1972.
13. Sobolew S. S.: Erozja poczw w SSSR i borba s niej. Moskwa 1973.
14. Ugla H., Mirowski Z., Grabarczyk S., Nożyński A., Rytelewski I., Solarski H.: Proces erozji wodnej w terenach pagórkowatych północno-wschodniej części Polski. Roczn. glebozn., t. 18, z. 2, Warszawa 1968.
15. Ziemnicki S.: Ochrona gleb przed erozją wodną stosowana przez rolników w niektórych rejonach Polski. Ann. UMCS, Sect. B., vol. 10, 1955.
16. Ziemnicki S.: Ochrona gleby przed erozją wodną w Elizówce. Ann. UMCS, sect. E, vol. 15, 1960.
17. Ziemnicki S.: Skutki deszczu nawalnego we wsi Piaski Szlacheckie pod Krasnymstawem. Gosp. wod., 11, 1956.
18. Ziemnicki S.: Wstępne badania nad erozją lessów Lubelszczyzny. Ann. UMCS, Sect. E, vol. 6, 1951.
19. Ziemnicki S.: Zagadnienie przemieszczania gleb pod wpływem wody i próba zapobiegania tym zjawiskom na lessach głębokich. Ann. UMCS, Sect. E, vol. 4, 1949.
20. Ziemnicki S., Józefaciuk Cz.: Erozja i jej zwalczanie. PWRiL, 1965.
21. Ziemnicki S., Mazur Z., Pałys S.: Rozwój wąwozu lessowego na Kwaskowej Górze. Zesz. prob. Post. Nauk rol., z. 170, 1975.
22. Ziemnicki S., Repelewska-Pękalowa J.: Osuwisko w Borkach, okolice Łącka. Zesz. prob. Post. Nauk rol., z. 193, 1977.

Стефан Земницки

## ЭРОЗИЯ ПОЧВ В ПОЛЬШЕ И СПОСОБЫ ПРОТИВОДЕЙСТВОВАНИЯ ЕЙ

### Резюме

Территория Польши в около 80% плоская. Тем не менее, площадь находящаяся под сильной угрозой водной эрозии составляет около 2 миллиона гектаров. Из этого около 800 тысяч гектаров приходятся на волнообразные площади возвышенностей (обозначенные на рис. 1), а около 200 тысяч гектаров — на



горные площади (не считая лесов и постоянных лугопастбищных угодий). На остальной площади 1 миллиона гектаров интенсивность эрозии более слабая, благодаря высшей устойчивости почв. На сельскохозяйственных площадях эрозия вызывает потери около 3 млн центнеров пшеницы в год. В горах эрозия повышает частоту появления паводков и ускоряет заиление водоемов. Это приводит к дефицитам воды в безосадковые периоды и повышает угрозу засухи. На сельскохозяйственных площадях эрозия вызвала значительные потери почвы (рис. 2) и образование сильно расчлененного рельефа местности, очень затрудняющего механическую обработку почвы и ускоряющего поверхностный сток воды.

Угроза эрозии повышается, когда смытые почвы на склонах поглощают меньше воды и становятся все менее устойчивыми. Поэтому необходимы противодействующие мероприятия. На сельскохозяйственных площадях рекомендуются следующие мероприятия: обработка вдоль горизонталей (контурная) поперек склона, ленточная система полей, террасирование, расширение площади занятой многолетними растениями (клевер, люцерна, эспарцет), минимальная механическая обработка почвы, облесение и укрепление оврагов. В горах необходимыми будут: изменение сети дорог, регулирование горных потоков, расширение площади лесов, пастбищ, а в более низких партиях гор — садов. Только плановая реализация охранных мероприятий может обеспечить снижение дальнейших потерь почвы и воды.

Необходима также подготовка специалистов, ведение разъяснительной работы среди общества относительно значения эрозии, а также всеобщее ведение мероприятий по противодействию.

*Stefan Ziernicki*

## SOIL EROSION IN POLAND AND ITS COUNTERACTION WAYS

### S u m m a r y

Poland's territory is in about 80% flat. Nevertheless, the area being under a heavy threat of water erosion amounts to about 2 million hectares. This area includes 80 thous. hectares of uplands with rolling surface (marked in Fig. 1) as well as about 200 thous. hectares of mountains (excluding forests and permanent grasslands). On the remaining area of 1 million hectares the erosion intensity is weaker owing to a greater resistance of soil. On agricultural areas the erosion results in an annual loss of about 3 milion quintals of wheat, whereas in mountains it causes inundations and accelerates silting of water reservoirs. It leads to water deficiencies in rainless periods and increases the threat of drought. On agricultural areas considerable soil losses took place (Fig. 2) and a diversified surface relief was formed under the erosion effect, making difficult the mechanical tillage of soil and accelerating the surface runoff of water.

The erosion threat increases when soils washed down on slopes absorb less water and become less and less resistant. Therefore counteraction measures are necessary. On agricultural areas the following measures are recommended: contour tillage (across the slope), ribbon-like arrangement of fields, construction of terraces, enlargement of areas under perennial crops (clover, alfalfa, sainfoin), minimum

tillage, afforestation and consolidation of gullies. In mountains necessary would be the change of road network, regulation of mountain streams, enlargement of forest and pasture areas and in lower parts of mountains — areas with orchards. Only planned realization of protection measures can ensure a reduction of further soil and water losses.

Necessary would be also training of specialists, making society conscious of the erosion threat and carrying out general counteraction measures.