

WPŁYW WYPOSAŻENIA TARASÓW W ROWY INFILTRACYJNE NA STOSUNKI WODNE STOKU W WARUNKACH OBIEKTU OLSZANKA

Dariusz Kowalski¹, Jan Rubaj², Marcin Widomski¹

¹Institut Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii Budowlanej i Sanitarnej, Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin
e-mail: kzwus@fenix.pol.lublin.pl

²Przedsiębiorstwo Euro-East sp. z o.o. Olszanka, 22-310 Kraśniczyn

Streszczenie. W pracy przedstawiono próbę określenia wpływu rowów infiltracyjnych, zainstalowanych w obrębie tarasów przeciwoerozyjnych, na stosunki wodne stoku. Rozważania oparto o zrealizowany system zabudowy antyerozyjnej na terenie gospodarstwa firmy Euro-East w Olszance. Zabezpieczenia te stanowią autorski, oryginalny, zespół urządzeń, który nie był wcześniej obiektem badań. Przedstawione w pracy badania oparto głównie o 2-wymiarowy program narzędziowy FEFLOW v. 4.9 wykorzystujący metodę elementów skończonych. Podstawą dla przeprowadzenia obliczeń symulacyjnych oraz weryfikacji empirycznej wyników badań była parametryzacja warunków glebowo – wodnych obiektu, jak również realizowany w roku 2003 monitoring wilgotnościowy gleby oraz meteorologiczny. Badania przeprowadzono w ramach projektu KBN nr 1564/T09/2001/21.

Słowa kluczowe: erozja wodna, zabezpieczenie, modelowanie numeryczne

WSTĘP

Przeciwdziałanie erozji wodnej na terenie gospodarstwa „Euro-East” w Olszance rozpoczęto w latach 70-tych XX wieku. Prowadzono je, z różnym natężeniem, do dnia dzisiejszego [3,7,8]. Jedną z podstawowych metod zabezpieczeń przeciwerozyjnych, zastosowanych na terenie obiektu Olszanka, jest tarasowanie. Obok funkcji zabezpieczającej umożliwia ono rolnicze zagospodarowanie zboczy erodowanych stoków [4,5]. Podstawą wyboru tarasów, jako podstawowej formy zabezpieczeń, była ich efektywność w ograniczaniu prędkości i objętości spływu powierzchniowego, wpływające na zwiększenie zdolności infiltracyjnej profilu glebowego. Tarasy w znacznym stopniu ograniczają również degradacyjny wpływ

erozji wodnej na ilościowy i jakościowy skład gleby. Wieloletnia obserwacja funkcjonowania tarasów wykonanych na lessowych stokach obiektu w Olszance wykazała, obok znacznej skuteczności w ograniczeniu erozji wodnej, niski stopień infiltracji wód opadowych w głąb profilu glebowego. Słabo przepuszczalne podłoże tarasów (gleby pylaste i gliniaste) ograniczało proces infiltracji wód opadowych. W związku z tym, z inicjatywy dyrektora przedsiębiorstwa, rozpoczęto modernizację zabezpieczeń tarasowych [11]. Polegała ona na uzupełnieniu istniejących tarasów o „pułapki” infiltracyjne – w tym wypadku rowy chłonne z wypełnieniem piaskowym. Celem tej modernizacji było zwiększenie zdolności infiltracji wód opadowych do profilu glebowego w obrębie tarasów [7,8]. Warto nadmienić, iż w celu uniknięcia niekontrolowanych wysięków w niżej położonych fragmentach tarasów przy modernizacji zastosowano rowy nieciągłe, przerywane fragmentami nienaruszonej gleby lessowej.

Prezentowana praca jest pierwszą próbą oceny zakresu oddziaływania tak zmodyfikowanych tarasów na stosunki wodne stoku rozpatrywanego obiektu. Badania prowadzono w oparciu o 2-wymiarowy program narzędziowy FEFLOW v. 4,9 wykorzystujący metodę elementów skończonych [2]. Wyniki obliczeń symulacyjnych zostały poddane weryfikacji empirycznej przeprowadzonej w oparciu o pomiary terenowe realizowane w latach 2001-2003.

OBIEKT BADAŃ

Gospodarstwo firmy “Euro-East” spółka z o.o., na którego terenie prowadzono przedstawione badania, zlokalizowane jest w miejscowości Olszanka, w gminie Kraśniczyn, powiecie Krasnostaw województwa lubelskiego. Gospodarstwo sąsiaduje bezpośrednio z rezerwatem „Głęboka Dolina” należącym do Skierbieszowskiego Parku Krajobrazowego.

Rozpatrywany rejon położony jest na obszarze jednostki fizjograficznej zwanej Działami Grabowieckimi. Rzędne terenu na rozpatrywanym obszarze gospodarstwa wahają się od 255 do 295 m n.p.m. Zróżnicowany wysokościowo teren gospodarstwa pocięty jest zasadniczo dwoma głównymi ciągami dolin spływowych, odprowadzających spływy powierzchniowe do rzeki Wojsławki.

Gleby obiektu składają się w głównej mierze z utworów czwartorzędowych reprezentowanych przez lessy, gliny pylaste, pyły oraz iły [3,7,8].

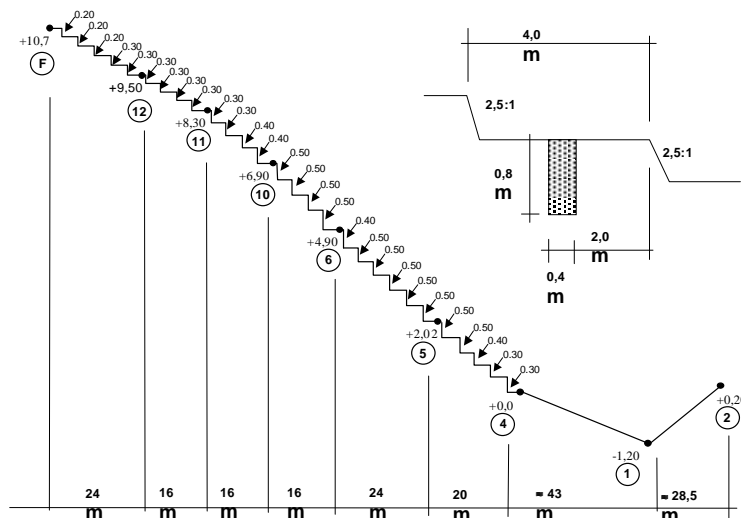
Rozpatrywane gospodarstwo sadownicze w Olszance położone jest na terenach należących do grupy najbardziej zagrożonych degradacyjnym oddziaływaniem procesów erozji wodnej. Specyficzna i zróżnicowana wysokościowo rzeźba terenu, lessowa pokrywa glebowa oraz stosunkowo wysoki średni opad roczny wraz z wysoką częstotliwością występowania deszczy nawalnych, dopro-

wadziły do tego, iż na stosunkowo niewielkiej 200 ha powierzchni obiektu występują wszystkie formy erozji wodnej (erozja powierzchniowa, żłobinowa i wąwózowa, sufozja i soliflukcja). Zagrożenie to wymusiło rozwinięcie na terenie obiektu złożonego systemu ochrony przeciwoerozyjnej. Zastosowany system, obok zabiegów agrotechnicznych i zastosowanych upraw, zawiera szereg współpracujących ze sobą obiektów, wśród których można wyróżnić następujące rozwiązania szczegółowe: tarasy, tarasy z rowami infiltracyjnymi, przegrody piętrzące, przegrody piętrzące wyposażone w studnie chłonne, „pułapki” infiltracyjne z drenami rozprowadzającymi [7]. Z pośród powyższych zabezpieczeń do dalszych rozważań przyjęto tarasy wyposażone w rowy infiltracyjne.

METODYKA

Metodyka przeprowadzonych badań obejmowała:

- parametryzację obiektu w celu wyznaczenia charakterystyk wodno – transportowych gleb wybranego profilu glebowego: krzywej pF – metoda bloku pyłowego [6,9], przewodność wodna w stanie nasyconym – zmodyfikowany aparat Wita [10], przewodność wodna w stanie nienasyconym – metoda bloku pyłowego [9];
- monitoring wilgotnościowy wybranego profilu glebowego – pomiary terenowe za pomocą miernika TDR FOM firmy EasyTest;
- monitoring warunków meteorologicznych w oparciu o pomiary z lokalnej stacji meteo obejmujący: temperaturę i wilgotność powietrza, prędkość wiatru, wysokość opadów oraz z najbliższej stacji IMGW usłonecznienie;
- wyznaczenie warunków początkowych i brzegowych do obliczeń symulacyjnych na podstawie pomiarów terenowych oraz obliczeń ewapotranspiracji potencjalnej za pomocą programu EVAPOT (górny warunek brzegowy) [13];
- przeprowadzenie obliczeń symulacyjnych dynamiki uwilgotnienia w wybranym profilu glebowym za pomocą programu FEFLOW 4.9 firmy WASY, obliczenia symulacyjne objęły profil glebowy przedstawiony na rysunku 1;
- wstępną weryfikację empiryczną przeprowadzonych obliczeń symulacyjnych w oparciu o wykonane wcześniej pomiary symulacyjne.



Rys. 1. Wybrany do badań profil glebowy wraz z schematem zabezpieczeń przeciwoerozyjnych
Fig. 1. The soil profile with antierosion plants, selected for presented research

Opis modelu

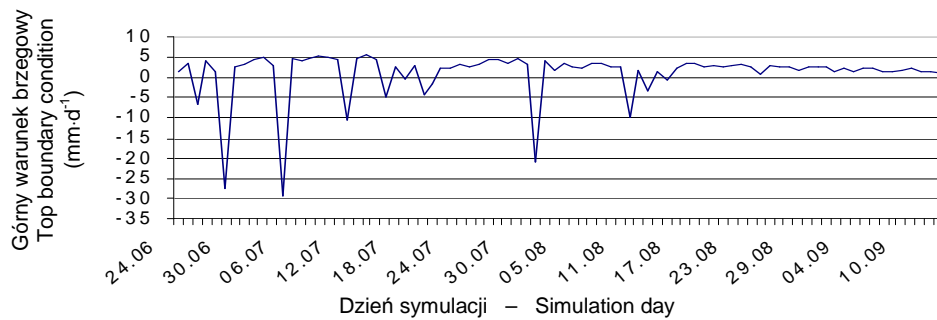
Zastosowany w prezentowanych badaniach model hybrydowy składał się z dwóch połączonych ze sobą programów obliczeniowych – dwuwymiarowego modelu symulacyjnego ruchu wody i zanieczyszczeń w gruncie FEFLOW 4.9 wersja FM2 (fluid – mass – 2D) [1] oraz programu umożliwiającego wyznaczenie ewapotranspiracji potencjalnej EVAPOT [13]. Model hybrydowy zastosowano z powodu braku możliwości bezpośredniego uwzględniania przez program FEFLOW oddziaływania szaty roślinnej porastającej badany obiekt terenowy. Wielkość parowania z powierzchni łąnu, skompilowaną z sumą opadów atmosferycznych, wprowadzono do modelu jako górny warunek brzegowy (rys. 2).

Użyty do obliczeń model ruchu wody w ośrodku porowatym zbudowany jest w oparciu o równanie Richardsa z członem źródłowym [1,2]:

$$\frac{\partial h}{\partial t} [C(h) + S_s] = \frac{\partial}{\partial x} \left[k^r(h) \left(k_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} + k_{xz} \frac{\partial h}{\partial z} + k_{zx} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k^r(h) \left(k_{zx} \frac{\partial h}{\partial x} + k_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} + k_{zz} \right) \right] + S \quad (1)$$

Człon źródłowy równania Richardsa został wyznaczony za pomocą wymienionego wyżej programu EVAPOT [13] pozwalającego na wyznaczenie parowania potencjalnego z powierzchni łąnu roślin w oparciu o czynniki atmosferyczne

(naświetlenie aktualne, opad, temperaturę powietrza, wilgotność względna) oraz czynniki roślinne (wysokość roślin, pokrycie powierzchni i intercepcja).



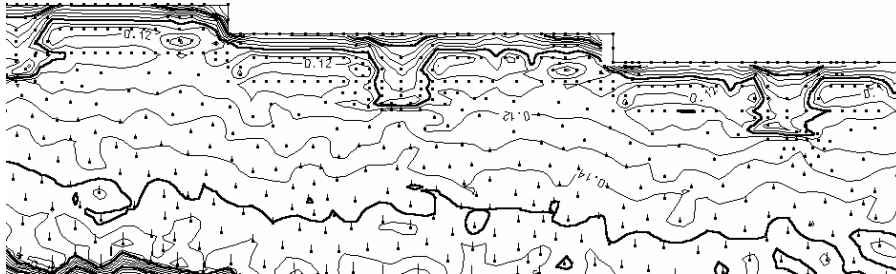
Rys. 2. Wykres dynamicznie zmieniającego się w czasie górnego warunku brzegowego, różnica pomiędzy opadem a ewapotranspiracją potencjalną, w okresie 24.06.-14.09.2003 r.

Fig. 2. Dynamics of top boundary condition changes – difference between rainfall and evapotranspiration, in the period 24th June-14th September, 2003

WYNIKI

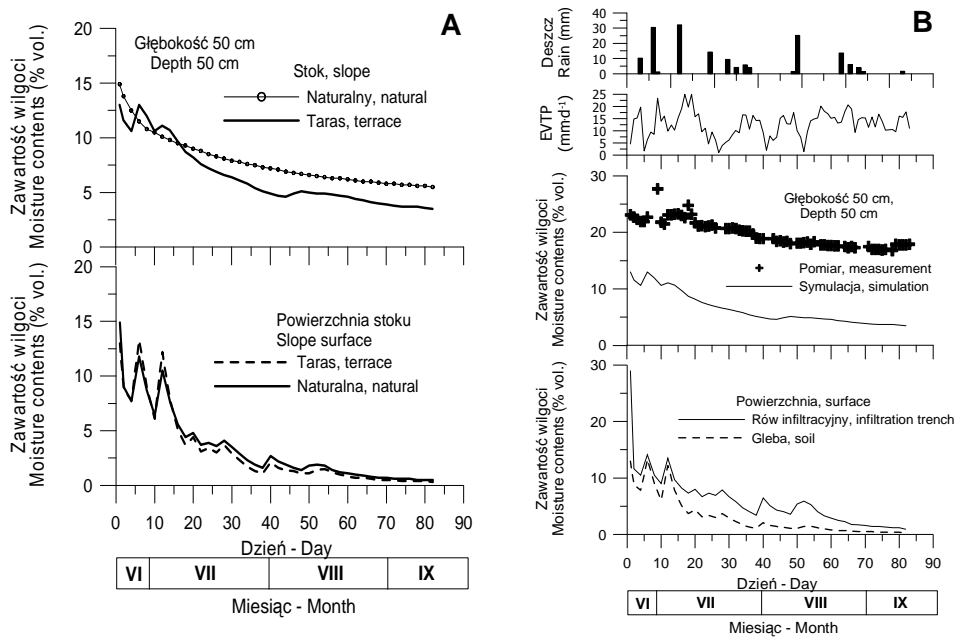
Obliczenia numeryczne dynamiki zmian uwilgotnienia gleby wybranego profilu przeprowadzono dla okresu 83 dni sezonu badawczego 2003 roku w oparciu o przeprowadzoną parametryzację obiektu oraz monitoring wilgotnościowy i meteorologiczny. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji oraz obliczeń za pomocą programu EVAPOT ustalono warunki początkowe i brzegowe niezbędne do wykonania obliczeń symulacyjnych. Rysunek 2 przedstawia górny warunek brzegowy opisujący różnice pomiędzy opadem a ewapotranspiracją potencjalną.

Wyniki przeprowadzonych obliczeń symulacyjnych (rys. 3) wykazały także występowanie różnic wilgotności w obrębie tarasów i rowów infiltracyjnych w stosunku do terenu pozbawionego takich obiektów. Różnice te przedstawiono na rys. 4A. Zmiany zawartości wilgoci przy powierzchni gleby, na zboczu pozbawionym tarasów oraz wyposażonym w nie są niemal jednakowe. Różnice obliczonych wartości nie przekraczają 5%. Nieco inaczej przedstawia się sytuacja na głębokości 50 cm ppt. Przebieg wyznaczonych krzywych wskazuje, że obecność rowu infiltracyjnego powoduje większe uzależnienie zawartości wilgoci w glebie od warunków zewnętrznych (opady i ewapotranspiracja). Krzywa obrazująca zbocze wyposażone w taras i rów infiltracyjny przecina kilkakrotnie krzywą reprezentującą zbocze bez tarasów. Obecność rowów infiltracyjnych powoduje również wyraźnie większe przesuszenie gleby na rozpatrywanej głębokości w stosunku do zbocza pozbawionego rowów i tarasów.



Rys. 3. Przykładowe wyniki symulacji wilgotności gleby, z uwzględnieniem istnienia rowów infiltracyjnych w obrębie tarasów – 83 dzień symulacji

Fig. 3. Example of soil moisture calculations result, in conditions of infiltration ditches existence – 83rd day of simulation



Rys. 4. Porównanie wyników symulacji zawartości wilgoci dla zbocza naturalnego oraz wyposażonego w tarasy i rowy infiltracyjne (A) oraz rezultaty obliczeń symulacyjnych i ich porównanie z wynikami pomiarów terenowych (zbocze z tarasami, głębokość 50 cm) na tle zmierzonej wysokości opadów oraz wyznaczonej ewapotranspiracji potencjalnej (B)

Fig. 4. Simulation results of moisture conditions for a natural slope and for a slope provided with terraces and trenches (A) and simulation results and their comparison with measured soil moisture (terraced slope, at 50 cm depth) versus measured rainfall with calculated potential evapotranspiration (B)

Weryfikacja empiryczna

Przedstawione na rysunku 4B porównanie wyników obliczeniowych i rezultatów pomiarów wykazuje podobny ich przebieg i uzależnienie od warunków zewnętrznych (opady i ewapotranspiracja). Niestety krzywa obliczeniowa biegnie wyraźnie poniżej krzywej pomiarowej. Wiąże się to z całą pewnością z przyjęciem do górnego warunku brzegowego wyznaczonych wartości ewapotranspiracji potencjalnej a nie aktualnej. Takie uwarunkowanie musiało doprowadzić do znacznie większego przesuszenia wyznaczanego drogą symulacji w stosunku do danych pomiarowych. Wydaje się, że w przypadku wykorzystania modelu FEFLOW do wyznaczania warunków wilgotnościowych profili glebowych, konieczne jest skojarzenie go z innym modelem wyznaczającym wartości ewapotranspiracji aktualnej. Modelem takim może być model SWATREZ [14] lub SWAP [12]. Obecnie trwają prace nad takim hybrydowym połączeniem obu modeli.

WNIOSKI

Biorąc pod uwagę przeprowadzone obliczenia symulacyjne można stwierdzić, że:

1. Zastosowany model symulacyjny, w warunkach przyjętego fragmentu obiektu „Olszanka” może być wykorzystywany do oceny oddziaływania zastosowanych tarasów i rowów infiltracyjnych na środowisko gruntowo-wodne, pod warunkiem skojarzenia go z modelem wyznaczającym ewapotranspirację aktualną,
2. Pomimo wykazanych niedoskonałości modelu, dokonane wariantowe obliczenia symulacyjne wykazały, że w rozpatrywanych warunkach nie istnieje niebezpieczeństwo skażenia warstwy wodonośnej przyjętym zanieczyszczeniem wskaźnikowym. Przedłużenie czasu obliczeń symulacyjnych do 365 dni w warunkach braku sorpcji i rozpadu zanieczyszczeń potwierdziło ten wniosek,
3. Zastosowanie tarasów wyposażonych w kieszenie infiltracyjne, pełniące rolę rowów infiltracyjnych, spowodowało zwiększenie zasięgu i zakresu zmian dynamiki uwilgotnienia w stosunku do zbocza pozbawionego tego rodzaju infrastruktury. Różnice te były jednak niewielkie. Wynikać to może z faktu, że zadany górny warunek brzegowy nie uwzględniał spływu powierzchniowego wód opadowych. Zakładano, że cały opad infiltruje do gleby. Z pewnością w dalszych badaniach symulacyjnych należy to zjawisko uwzględnić.

PIŚMIENNICTWO

1. **Diersch H. J. G.:** Consistent velocity approximation in the finite – element simulation of density – dependent mass and heat transport process, “White Pages” z CD FEFLOW WASY 301, 2001.
2. **Diersch H. J. G.:** FEFLOW® 4.9. Reference Manuale, Wasy Institute for Water Resources Planning and Systems Research Ltd., 2001.

3. **Józefaciuk A., Józefaciuk Cz., Nowocien E., Rubaj J.:** Ocena sadowniczego zagospodarowania silnie urzeźbionych gruntów lessowych na przykładzie obiektu Olszanka”, w „Ochrona agrosystemów zagrożonych erozją”, Prace naukowe IUNG Puławy, 229-243, 1996.
4. **Józefaciuk Cz.:** Rekultywacja i melioracje przeciwoerozyjne gruntów obiektu Olszanka – Zakład Ogrodniczy PPGR Żułów. Studium przedprojektowe, Projekt ST–TITR w Lublinie, Puławy, 1976.
5. **Józefaciuk Cz.:** Rekultywacja i melioracje przeciwoerozyjne gruntów obiektu Olszanka – Zakład Ogrodniczy PPGR Żułów. Projekt techniczny, Projekt ST–TITR w Lublinie, Puławy, 1977.
6. **Kowalik P.:** Zarys fizyki gruntów. Wyd. Politechnika Gdańska, Gdańsk, 1973.
7. **Olszta W., Rubaj J., Kowalska R., Kowalski D.:** Urządzenia przeciwoerozyjne w gospodarstwie rolnym „Euro-East” w Olszance. Inwentaryzacja istniejącego zabezpieczenia przeciwoerozyjnego. Materiały niepublikowane w posiadaniu autorów pracy, Lublin, 2000.
8. **Olszta W., Rubaj J., Kowalska R., Kowalski D.:** Urządzenia przeciwoerozyjne w gospodarstwie rolnym „Euro-East” w Olszance. Ocena oddziaływania istniejącego zabezpieczenia przeciwoerozyjnego na środowisko. Materiały niepublikowane w posiadaniu autorów pracy, Lublin, 2000.
9. **Olszta W., Zaradny H.:** Pomiarowe i obliczeniowe metody określania współczynnika przewodności hydraulicznej gleb przy niepełnym nasyceniu. Mat. Instr. 95, IMUZ Falenty, 1991.
10. **Olszta W., Zawadzki S.:** Zmodyfikowany aparat Wita do laboratoryjnego oznaczania przepuszczalności wodnej gleb. Wiadomości IMUZ, 14,2, 187-194, 1981.
11. **Rubaj J.:** Sposób zabezpieczania gruntów przed erozją wodną powierzchniową i wąwozową. Urządzenie do zabezpieczenia gruntów przed erozją wodną powierzchniową i wąwozową. Patent D. 345788, 2004.
12. **Van Dam J.C, Huygen J., Wesseling J.G. i inni:** Theory of SWAP version 2.0. Report 71, Department Water Resources. Wageningen Agricultural University. Technical Dokument 45, 1997.
13. **Zaradny H.:** Matematyczne metody opisu i rozwiązań przepływu wody w nienasyconych i nasyconych gruntach i glebach, Prace IBW PAN, 23, 1990.
14. **Zaradny H.:** Groundwater Flow in Saturated and Unsaturated Soil, A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, 279, 1993.

INFLUENCE OF TERRACES WITH INFILTRATION TRENCHES FOR SLOPE SOIL MOISTURE CONDITIONS IN OLSZANKA OBJECT

Dariusz Kowalski¹, Jan Rubaj², Marcin Widomski¹

¹Institute of Environment Protection Engineering, Lublin University of Technology
ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin
e-mail: kzwus@fenix.pol.lublin.pl

²Enterprise Euro-East sp. z o.o. Olszanka, 22-310 Kraśniczyn

Abstract. The paper presents the results of an attempt to determine the level of influence of infiltrational ditches (installed on antierosive terraces) on the water balance of chosen slope. The studies were based on an existing anti-erosion system located in a fruit farm of the “Euro-East” company in Olszanka near Krasnierzyn (Poland). The system described is an original, new solution the effectiveness of which has not been tested yet. The main software used during the research was 2-D FEFLOW program based on the finite element method. Numerical simulations were preceded by parameterization of soil water permeability, and soil types, soil moisture and meteorological conditions monitoring were the basis for numerical calculations. The presented studies constituted a part of project No. 1564/T09/2001/21 of The State Committee for Scientific Research.

Key words: water erosion, protection, numerical modeling