

¹SZYMON SZEWRAŃSKI, ¹ROMUALD ŻMUDA, ²RAFAŁ WAWER

¹Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji – Akademia Rolnicza we Wrocławiu
²Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów IUNG – Puławy

OCENA NATĘŻENIA EROZJI WODNEJ I DENUDACJI JEDNOSTKOWEJ Z WYKORZYSTANIEM NEFELOMETRYCZNYCH POMIARÓW MĘTNOŚCI WODY

The estimation of the intensity of water erosion and unit denudation using nefelometric measurements of water dimness

ABSTRAKT: W pracy przeanalizowano możliwość wykorzystania pośrednich metod pomiaru rumowiska w ocenie natężenia erozji wodnej małej zlewni rolniczej. Badania prowadzono w lessowej zlewni rolniczej potoku Mielnica M1 o powierzchni 3,398 km² na Dolnym Śląsku. Obszar ten jest silnie narażony na procesy erozyjne. W badaniach wykonano kalibrację mętnościomierza dla przedziałów wartości 0–50 FTU oraz 50–1000 FTU, uzyskane współczynniki determinacji wynosiły odpowiednio 0,79 i 0,93. W pracy porównano metodę bezpośrednią suszarkowo-wagową oraz pośrednią – nefelometryczną, optycznego pomiaru mętności. Obliczone dla dwóch okresów denudacje jednostkowe osiągnęły 289,2 kg·ha⁻¹ w kwietniu 2000 roku oraz 244,5 kg·ha⁻¹ w kwietniu 2003 r. Porównywalne wyniki wskazują na możliwość wykorzystania nowych rozwiązań w badaniach erozyjnych, co znacznie je przyspieszy i ułatwi.

słowa kluczowe: key words:

erozja wodna – *water erosion*, mętność – *water dimness*, metoda nefelometryczna – *nefelometric measurement*, denudacja jednostkowa – *unit denudation*

WSTĘP

Ocena intensywności i skali zagrożeń erozyjnych danego obszaru wymaga wykonania szeregu czasochłonnych i kosztownych badań. Jedną z metod jest określenie denudacji jednostkowej obszaru w oparciu o pomiary transportu fluwialnego.

Metody oceny ilości sedymentu w cieku stanowią ważny element badawczy, który wymaga wnikliwej analizy pod kątem zarówno poboru próbek, jak i pomiaru koncentracji. Zasadniczo ze względu na stosowane urządzenia i procedury można je podzielić na metody bezpośrednie i pośrednie. Metoda bezpośrednia polegająca na wykonaniu pomiarów batometrycznych, a następnie analiz laboratoryjnych jest obecnie bardzo często stosowana w klasycznej hydrometrii. W obrębie monitoringu IMGW, zgodnie

Badania wykonano w ramach grantu KBN 3P06S 054 22

z instrukcją Brańskiego (1), wykorzystuje się batometr PIHM-1. Ocena zmacenia jest wykonywana na danych z pomiarów pojedynczych, z okresową weryfikacją wielopunktową. Pozyskane w ten sposób próbki wody poddaje się sączeniom i analizie suszarkowo-wagowej. Metoda klasyczna jest jednak bardzo pracochłonna. Wymaga licznego wyposażenia (pojemniki, lejki, sączki), co podnosi znacznie jej koszt, również ze względu na potrzebę stosowania bardzo czułych i dokładnych wag (4, 5). Obecnie rozwinięto na świecie szereg metod pośredniej oceny ilości sedimentów w wodzie, które stanowią alternatywę dla metody klasycznej. Zastępcze metody pomiarowe opierają się na związkach między transportem rumowiska a charakterystykami hydraulicznymi strumienia wody rzecznej i rumowiska, a także własnościami fizycznymi mieszaniny wody i rumowiska unoszonego, takimi jak: przezroczystość, oporność elektryczna, tłumienie energii ultradźwięków i osłabienie promieniowania gamma bądź rozpraszanie promieniowania radioaktywnego (2, 12). Do grupy tych metod należy również pośrednia ocena transportu rumowiska za pomocą pomiarów mętności wody oznaczanej metodą nefelometryczną i wyrażanej w jednostkach NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*); (3, 7, 13).

CEL I ZAKRES

Celem przeprowadzonych badań była wstępna ocena przydatności metody nefelometrycznej w określaniu ilości rumowiska wynoszonego z obszaru małej zlewni lessowej użytkowanej rolniczo. W oparciu o istniejącą bazę danych oraz pomiary bieżące wykonano analizy porównawcze ładunków sedimentu wyznaczonych klasyczną metodą batometryczną oraz metodą pośrednią. W przypadku stosowania metody optycznej konieczne było wykonanie kalibracji urządzenia pomiarowego dla konkretnych warunków środowiskowych i wyznaczenie krzywych regresyjnych dla zależności mętność–koncentracja rumowiska. Mętność wody jest powodowana obecnością cząstek zawieszonych, absorbujących promieniowanie świetlne. Są to ciała wielkości od cząstek koloidalnych do grubych zawiesin, zazwyczaj pochodzenia mineralnego, ale i organicznego (szczególnie w przypadku wód silnie zanieczyszczonych). O wyniku pomiaru decyduje skład mineralogiczny rumowiska, kształt i stopień obtoczenia ziaren, czas pomiaru, jego częstotliwość, a także parametry oświetlenia naturalnego. Nie istnieje ogólna, wspólna dla wszystkich wód, korelacja pomiędzy mętnością a koncentracją zawieszonych cząstek. Zależności takich należy poszukiwać w każdym przypadku indywidualnie (6, 8). Taka próba została dokonana na potrzeby niniejszych badań.

OBIEKT BADAWCZY

Badania prowadzono w cząstkowej zlewni rolniczej potoku Mielnica M1 o powierzchni 3,398 km² zlokalizowanej na południowych zboczach Wzgórz Trzebnickich.

Prawie cały obszar obiektu pokrywają lessy, które zajmują około 98% całej powierzchni zlewni. Gleby te należą do bardzo urodzajnych, ale jednocześnie bardzo wrażliwych na procesy erozyjne. W obiekcie prowadzony jest monitoring obejmujący: codzienne obserwacje meteorologiczne, codzienne pomiary stanów wody; okresowe pomiary natężenia przepływu w przekroju pomiarowym, codzienne pomiary batometryczne, okresowe pomiary chemizmu próbek wody i rumowiska (11).

MATERIAŁ I METODY

W badaniach przeanalizowano natężenie erozji wodnej na obszarze zlewni Mielnicy M1 na podstawie archiwalnych wyników zebranych klasyczną metodą bezpośrednich pomiarów batometrycznych (kwiecień 1999 i kwiecień 2000) oraz bieżących danych uzyskanych z pomiarów nefelometrycznych (kwiecień 2003).

Do pomiarów batometrycznych użyto rosyjskiego batometru próżniowego typu GR-61. Jego zaletą jest możliwość punktowego poboru próbek wody z różnych głębokości przy prędkościach przepływu do $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Próbkę wody zasysane są, z prędkością zbliżoną do prędkości wody w danym punkcie pomiarowym, do próżniowego cylindra. Kontrolę podciśnienia dokonuje się za pomocą wakuometru zainstalowanego w pokrywie cylindra. Dodatkowym atutem tej konstrukcji jest zastosowanie na przewodzie doprowadzającym małogabarytowej końcówki dyszy ssącej, która minimalizuje zaburzenia ruchu strugi wodnej (średnice wlotowe: 3, 4 i 6 mm).

Posterunek batometryczny zlokalizowano na prostym odcinku cieką, koryto zostało symetrycznie zwężone (w celu koncentracji przepływu) na długości 2 m, a jego przekrojowi poprzecznemu nadano stabilny prostokątny kształt. Krawędzie boczne podniesiono na wysokość 1,0 m od dna cieką, tak aby również przy wyższych stanach istniała możliwość pobrania próbek. W przekroju batometrycznym wyznaczono stałe pionki (jeden w nurcie cieką, dwa pionki przybrzeżne oraz dodatkowe w połowie odległości między nurtem a krawędzią koryta), w których na tych samych głębokościach (0,2 h, 0,4 h oraz 0,8 h; gdzie: h – napelnienie w cieką) dokonywano pomiarów natężenia przepływów oraz pobierano próbki wody. Równocześnie z batometrycznym pomiarem wielopunktowym wykonywano w nurcie cieką pomiar jednopunktowy przy użyciu szklanych pojemników o objętości 1 dm^3 z szerokim otworem wlotowym. Dla wspólnych pomiarów wielopunktowych i jednopunktowych wyznaczono zależności regresyjne. Parametry otrzymanych równań (średni błąd standardowy $\delta=0,001 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$; współczynnik korelacji r powyżej 0,9) wskazały na dużą zgodność pomiarami. Zrezygnowano więc z uciążliwych pomiarów batometrem. Próbkę pobierano codziennie jednopunktowo, wyłącznie do jednolitrowych naczyń szklanych. Aby wyeliminować rozwój glonów w pobranych próbkach, do każdej dodawano po pięć kropeł roztworu formaliny. Tak przygotowane próbki przewożono do laboratorium, gdzie poddawano je dalszej analizie.

Oznaczanie zmacenia w pobranych próbkach wody wykonywano metodą bezpośrednią, suszarkowo-wagową przy użyciu sączków. Zastosowano sączki ilościowe

$d=18.5$ cm o średnim czasie filtracji i średnio dużych porach. Przy użyciu elektronicznej wagi analitycznej typu WPS-72, o dokładności 0,2 mg, określona została sucha masa czystych sączków oraz naczyń wagowych. Przed ważeniem czyste sączki poddawano suszeniu powietrznemu w temperaturze 105°C , a następnie studzono w hermetycznie zamykanych naczyniach wagowych (eksykatorkach) ze szkła kwarcowego. Aby wyeliminować absorpcję pary wodnej, na dnie każdego z nich umieszczano silnie higroskopijny chlorek wapniowy. Podobnie postępowano w przypadku sączków z rumowiskiem: po filtracji były one suszone, chłodzone w naczyniu wagowym i wraz z nim ważone. Zmęcenie wyznaczano ze wzoru:

$$Z = \frac{w - n - s}{V}$$

gdzie: Z – zmęcenie próbki ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)
 w – masa naczynia wagowego oraz sączka po filtracji i wysuszeniu (g)
 n – masa naczynia wagowego (g)
 s – masa sączka przed filtracją (g)
 V – objętość próbki wody (dm^3).

Dobowe ilości materiału glebowego wymywanego poza przekrój pomiarowy obliczano jako funkcję zmęcenia z danego dnia oraz średniego dobowego natężenia przepływu:

$$R_D = Q \cdot Z \cdot 86400 \cdot 10^{-3}$$

gdzie: R_D – dobowa masa transportu rumowiska (kg)
 Q – średnie dobowe natężenie przepływu ($\text{dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$)
 Z – zmęcenie ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$).

Ilości okresowe (miesięczne, półroczne i roczne) obliczano jako sumę wartości dobowych. W trakcie badań określano wyłącznie intensywność transportu rumowiska unoszonego. Całość transportu materiału mineralnego jest sumą wynoszonego poza przekrój kontrolny rumowiska wleczonego i unoszonego. Dotychczasowe studia nad denudacją odpływową przeprowadzone w zlewni Mielnicy przez Rojka (9), Żmudę (14) i Sasika (10) wykazały bardzo mały (ok. 2%) udział rumowiska wleczonego w całości wymywanego materiału glebowego. Związane jest to z charakterem gleb zalegających na badanym obszarze. W związku z tym zrezygnowano z obserwacji transportu wleczyn i skupiono się głównie na materiale unoszonym.

Do pomiarów pośrednich wykorzystano przenośny mikroprocesorowy mętnościomierz HI-93703. Służy on do laboratoryjnych oraz polowych pomiarów mętności wody czystej i ścieków. Mętnościomierz mierzy wartości od 0 do 1000 FTU, w dwóch podzakresach, co umożliwia pomiary w wodzie o znacznych różnicach mętności.

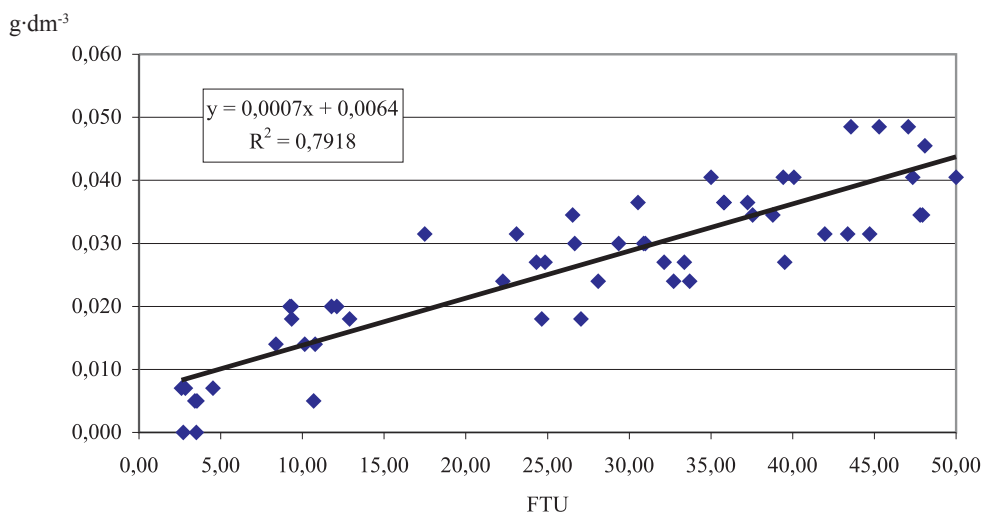
Jego użycie jest zgodne z międzynarodowym standardem ISO 7027 oraz europejską normą EN 50081-1 i EN 50082-1, co oznacza niski poziom emisji i dokładny pomiar w obecności pola magnetycznego. Pomiar dokonywany jest w jednostkach

FTU (Formazine Turbidity Unit), które są identyczne z innym międzynarodowym standardem NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Działanie miernika oparte jest na transmisji wiązki podczerwieni przez znajdującą się w kuwecie badaną ciecz. Źródłem podczerwieni jest wysokoemisyjna dioda LED emitująca fale o długości 890 nm, co zapewnia niski poziom interferencji w próbkach posiadających zabarwienie. Czujnik (odbiornik promieniowania) umiejscowiony jest pod kątem 90° w stosunku do kierunku emisji promieniowania. Zapewnia to rejestrację światła rozproszonego na nierozpuszczalnych cząstkach znajdujących się w badanej próbce. Mikroprocesor przelicza poziom emisji na jednostki FTU.

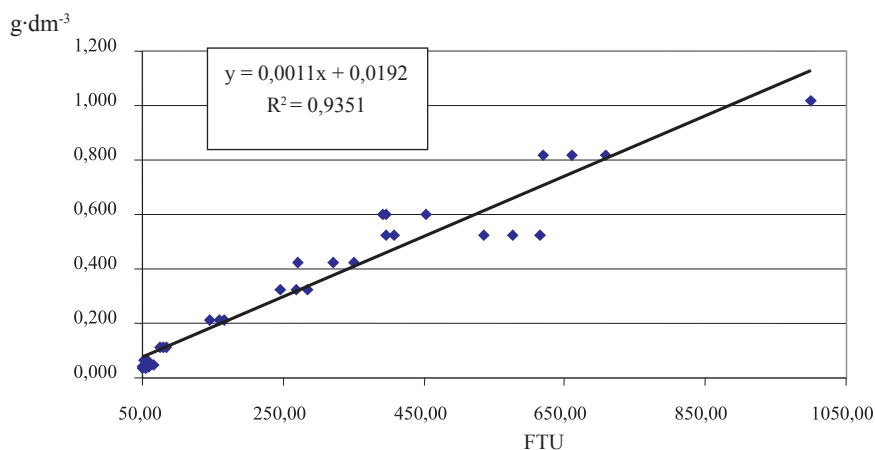
WYNIKI

Dla wyskalowania pełnego zakresu odczytu 0–1000 FTU wykonano pomiary próbek wody o znanej koncentracji rumowiska. Materiał wykorzystany do cechowania mętnościomierza stanowiło rzeczywiste rumowisko unoszone zebrane w trakcie pomiarów terenowych na cieku Mielnica. Kalibracja urządzenia została wykonana w laboratorium Instytutu Kształtowania i Ochrony Środowiska AR we Wrocławiu. Dla zadanych wielkości koncentracji ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$) wykonano oznaczenia mętności FTU. W sumie wykonano 90 prób, łącznie z próbami zerowymi dla czystej wody. Wyniki przedstawiono w dwóch zakresach pomiarowych od 0 do 50 FTU (rys. 1) oraz od 50 do 1000 FTU (rys. 2). Przedziały te odpowiadają podzakresom pracy mętnościomierza i pozwalają na dokładniejsze pomiary przy małej koncentracji zawiesin.



Rys. 1. Zależność koncentracji rumowiska unoszonego w wodzie od jej mętności dla przedziału 0–50 FTU

The relation between the concentration of debris and the water dimness for the range 0–50 FTU



Rys. 2. Zależność koncentracji rumowiska unoszonego w wodzie od jej mętności dla przedziału 50–1000 FTU

The relationship between the concentration of debris and the water dimness for the range 50–1000 FTU

Wysokie współczynniki regresji upoważniają do stosowania wyprowadzonych wzorów przy oznaczaniu ilości sedymentów metodą pośrednią. Prezentowane wyniki cechowania mętnościomierza uzyskano w warunkach laboratoryjnych. Aby móc w pełni poprawnie ocenić przydatność metody pośredniej konieczne jest również wykonanie równoczesnych pomiarów klasycznych i nefelometrycznych na tych samych próbkach wody pobranej z ciek. Takie doświadczenie jest wykonywane. Niestety w warunkach naturalnych uzyskanie pełnej zmienności koncentracji rumowiska w wodzie i zebranie dostatecznej ilości próbek wymaga bardzo długiego czasu obserwacji. W przyszłości takie wyniki zostaną opublikowane.

Obecnie przydatność metody pośredniej jest weryfikowana na podstawie analizy danych archiwalnych i bieżących pomiarów wykonywanych na cieku Mielnica. Pierwsze kompletne dane pomiarowe pochodziły z kwietnia 2003 r., dlatego też ten miesiąc przyjęto do porównań z wynikami uzyskanymi w latach 1999–2000.

Kwiecień 1999 roku charakteryzował się opadami o wysokości 39,9 mm, które wystąpiły w ciągu 13 dni. W kwietniu 2000 roku łącznie w ciągu 9 dni spadło 13,3 mm opadów. Wielkości te porównano z danymi z bieżących badań. W kwietniu 2003 roku zanotowano sumaryczną wysokość opadu atmosferycznego na poziomie 15,0 mm i 8 dni opadowych. Mając na uwadze powyższe rozbieżności do dalszego porównania zdecydowano się wybrać dane z lat 2000 i 2003. W naturze nie spotyka się dwa razy identycznych warunków środowiskowych. Konieczne są pewne przybliżenia i uproszczenia również w tym przypadku. Pominięto zatem analizę warunków wilgot-

nościowych gleby, temperatury powietrza, użytkowania zlewni itd., bowiem uzyskanie zgodności wszystkich elementów jest niemożliwe.

W badanych okresach średnie dobowe spływy jednostkowe, które decydowały o dostawie i dynamice transportu rumowiska w cieku Mielnica, wyniosły w kwietniu 2000 r. od $2,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ do $3,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, natomiast w 2003 r. od $2,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ do $4,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

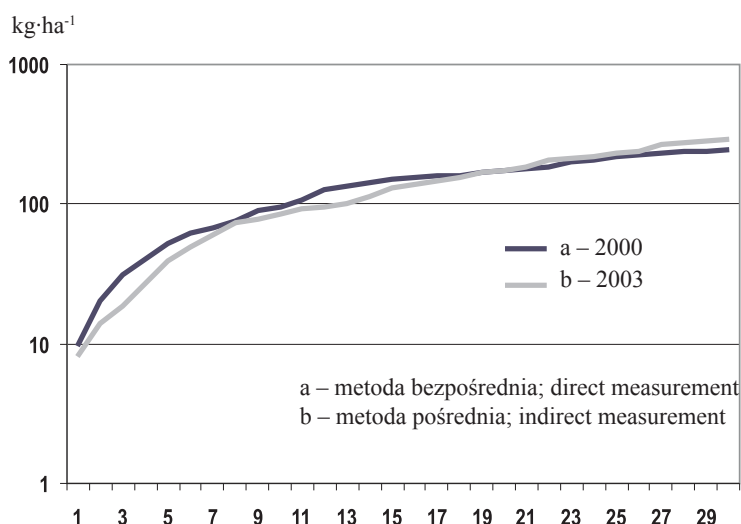
W analizowanych miesiącach określano dobowe wartości koncentracji rumowiska w wodzie różnymi metodami: w 2000 r. bezpośrednio, w 2003 r. pośrednio – nefelometrycznie. Uzyskane charakterystyczne wartości zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Charakterystyczne wartości koncentracji rumowiska w wodzie ($\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$) – przekrój Mielnica M1 w kwietniu 2000 i 2003 r.
The characteristics of the concentration of debris in water, cross-section Mielnica M1, April 2000 and April 2003

Wartość Value	Metoda bezpośrednia Direct measurement 2000	Metoda pośrednia Indirect measurement 2003
Min	0,0105	0,0131
Max	0,0694	0,0950
Średnia; Mean	0,0336	0,0333
Mediana; Median	0,030	0,033

Pomimo różnic pomiędzy poszczególnymi dobowymi wartościami koncentracji zasadniczo można stwierdzić, że uzyskane różnymi sposobami dane są porównywalne. Mogą o tym świadczyć przede wszystkim wartości średniej i mediany wyznaczone dla dwóch przedziałów zmiennych. W przybliżonych warunkach hydrometeorologicznych uzyskano podobne wyniki, a zatem i wybór nowej techniki pomiarowej wydaje się być słuszny. W oparciu o uzyskane dane obliczono dobowe ładunki materiału glebowego wynoszonego z obszaru zlewni. W kwietniu 2000 roku wyniosły one od 13,4 do 97,0 kg, łącznie w ciągu całego miesiąca z obszaru zlewni odpłynęło 982,6 kg rumowiska. Analogiczne wartości dla roku 2003 wynosiły: 7,8–60,6 kg oraz łącznie 830,8 kg. Z punktu widzenia oceny zagrożenia erozją powierzchniową ważne jest odniesienie tych wartości do jednostki powierzchni zlewni. Obliczone dla dwóch badanych okresów denudacje jednostkowe osiągnęły łączne wartości $289,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w kwietniu 2000 roku oraz $244,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w kwietniu 2003 r. Średnia dobowa denudacja jednostkowa wyniosła $9,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w 2000 r. i $8,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w 2003 r. Dobowe przebiegi wynoszenia w poszczególnych okresach czasu przedstawiono w postaci krzywych sumowych na rysunku 3.



Rys. 3. Krzywe sumowe denudacji jednostkowej
Summary curves of unit denudation

Wykresy wskazują, iż w podobnych warunkach hydrometeorologicznych stosując różne metody pomiarowe można otrzymać wiarygodne wielkości denudacji jednostkowej. Wyniki uzyskane z próbnych pomiarów pozwalają stwierdzić, iż możliwe jest zastosowanie nefelometrycznych pomiarów mętności do oceny dynamiki transportu rumowiska unoszonego w cieku.

Wykonane wstępne badania i analizy pozwalają sądzić, iż w przypadku małej zlewni rolniczej wykorzystanie metody pośredniej znacznie przyspieszy i usprawni badania nad transportem rumowiska oraz wydatnie zmniejszy ich koszty.

WNIOSKI

1. Związki funkcyjne pomiędzy mętnością a koncentracją rumowiska muszą być określone w każdym przypadku indywidualnie poprzez kalibrację mętnościomierza.

2. W zbliżonych warunkach hydrometeorologicznych z pomiarów bezpośrednich i pośrednich można uzyskać porównywalne wyniki.

3. W celu weryfikacji poprawności kalibracji mętnościomierza konieczne jest wykonanie równoczesnych pomiarów bezpośrednich i pośrednich w pełnym zakresie przepływów i koncentracji rumowiska, zebranie wystarczającej ilości próbek wymaga jednak długiego okresu czasu.

4. Konieczne jest szczegółowe przebadanie przydatności metod optycznych do pomiaru koncentracji zawiesiny w trakcie wezbrań, kiedy ilości cząstek stałych znacznie wykraczają poza zakres pomiarowy urządzeń.

5. Wskazane jest, w miarę możliwości technicznych, dokonanie analiz składu mechanicznego zawiesin oraz określenie ich charakteru (organiczne, mineralne). Określenie udziału frakcji mineralnych pozwoli poprawnie ocenić natężenie transportu rumowiska.

6. Konieczne jest, w oparciu o analizę hydrauliczną, opracowanie odpowiedniej dla metody pośredniej metodyki poboru próbek wody z małego cieku.

7. Niezbędne jest przeprowadzenie podobnych badań w innych obiektach badawczych, dzięki czemu możliwa będzie obiektywna ocena przydatności zaproponowanej metody.

LITERATURA

1. Brański J.: Instrukcja wykonywania i opracowywania pomiarów rumowiska unoszonego. Maszynopis IMGW, Warszawa, 1990.
2. Dobrowolski A.: Pomiar rumowiska unoszonego w służbach hydrologicznych krajów europejskich W: Erozja gleb i transport rumowiska rzeczne. 10-12 X 2002, Zakopane, 2002
3. Eads, Rand E.: Continuous turbidity monitoring in streams of northwestern California. W: Workshop on Turbidity and Other Sediment Surrogates, Apr 30-May 2, Reno, Nevada, 2002.
4. Głowski R.: Hydrauliczna i reologiczna charakterystyka procesu sedymentacji, zagęszczania i erozji osadów drobnoziarnistych. Maszynopis pracy doktorskiej, Wrocław, 2000.
5. Iwiński J., Dobrowolski A., Banasik K., Byczkowski A.: Metodyczne podstawy systemów zbierania, gromadzenia, opracowania i rozpowszechniania danych hydrologicznych IMGW. Modernizacja pomiarów rumowiska unoszonego. Raport z prac wykonanych w 1999 roku (Etap I). Maszynopis IMGW, Warszawa, 1999.
6. Lewis J.: Turbidity – controlled sampling for suspended sediment load estimation. W: Erosion and Sediment Transport Measurement: Technological and Methodological Advances. Workshop, Oslo 19-21 June 2002, IAHS-AISH, 2002.
7. Lewis J.: Turbidity-controlled suspended sediment sampling for runoff-event load estimation. Water Resources Research, 1996, **32(7)**: 2299-2310.
8. Old Gareth H., Leeks Graham J.L., Cooper D., McNeil D., Smith P.: Two technological advantages in continuous monitoring of suspended sediment transport and particle characteristics. W: Erosion and Sediment Transport Measurement: Technological and Methodological Advances. Workshop, Oslo 19-21 June 2002, IAHS-AISH, 2002.
9. Rojek W.: Wpływ czynników fizjograficznych i użytkowania terenu na zjawiska erozji wodnej. Rozprawa doktorska, maszynopis, Wrocław, 1980.
10. Sasik J. i in.: Wpływ zbiorników małej retencji wodnej na ilość wynoszonych składników chemicznych i rumowiska z lessowej zlewni rolniczej Wzgórz Trzebnickich. Raport końcowy – maszynopis, Wrocław, 2000.
11. Szewrański Sz.: The influence of the small reservoirs on the amount of suspended sediment in a stream and the sediment yield value. EJPAU, Environ. Develop., 2002, **5(2)**.
12. Wren D.G., Barkdoll B.D., Kuhnle R.A., Derrow R.W.: Field Techniques for Suspended-Sediment Measurement. J. Hydraulic Engineer., 2000, **126(2)**: 97-104.
13. Ziegler Andrew C.: Issues related to use of turbidity measurements as a surrogate for suspended sediment. W: Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop, April 30 – May 2, Reno, Nevada, 2002.
14. Żmuda R.: Wpływ czynników hydrometeorologicznych na natężenie erozji wodnej w zlewni cieku Mielnica na obszarze Wzgórz Trzebnickich. Bibl. Fragm. Agron., 1998, **4A/98**: 41-63.

THE ESTIMATION OF THE INTENSITY OF WATER EROSION AND UNIT DENUDATION
USING NEFELOMETRIC MEASUREMENTS OF WATER DIMNESS

Summary

The work analyses the possibility of the use methods of indirect measurement of debris in the estimation of the intensity of water erosion in a small rural watershed. The work has been done on a loess rural watershed of Mielnica M1 stream on the area of 3.398 square kilometers, located in Lower Silesia. The area is strongly exposed to processes of water erosion. The investigations revealed the calibration of the measurement instruments for two dimness ranges: 0–50 FTU and 50–1000 FTU. The determination coefficients equalled, relatively, 0,79 and 0,93. A comparison between direct (dry-weighting) and indirect (nefelometric) measurement methods of the optic estimation of dimness has been performed. The unit denudation, calculated for two time periods reached the values: 289,2 kg·ha⁻¹ in April 2000 while in April 2003 – 244,5 kg·ha⁻¹.

The good fit of the results to the actual data show the possibility of the use of the new solutions in soil erosion studies making them substantially faster and easier.

Praca wpłynęła do Redakcji 10 IX 2004 r.

