

Andrzej Świeca, Teresa Brzezińska-Wójcik*

**REGIONALNE ZRÓŻNICOWANIE GEOSYSTEMÓW
ZLEWNI RZECZNYCH ŚRODKOWOSCHODNIEJ POLSKI
W ŚWIETLE BADAŃ ODPLYWU ROZTWORÓW**

**Regional diversity of river basin geosystems of mid-eastern Poland
in the light of solute flow studies**

Abstract: The diversity of solute flow was determined according to 1981–2000 data, taking into account environmental factors. The water assessment was based on analysis results from 19 rivers in the area between the Wisła and Bug rivers (Fig. 1).

Based on average annual values of six parameters (general mineralisation in the form of dry residue, concentrations of dissolved oxygen and of chloride, phosphate and ammonia nitrogen ions as well as the amount of organic compounds - BOD₅), pollution indices were determined, enabling the classification of the river basins analysed according to a five-degree pollution scale (the first degree being “clean” rivers and the fifth degree denoting “critically polluted” rivers).

A comparison of study results from the 1991–2000 period to the corresponding data from the 1981–1990 period indicates a trend towards the improvement of water purity in rivers. The results achieved show that in most areas of the Lublin Region rivers drain basins that exhibit high environmental values (“clean” and “slightly polluted” basins) and low levels of the environmental burden caused by economic activity. Solute flow from those basins depends on geological and hydrological conditions (Fig. 2, Fig. 3). Approximately 80–85% of the solute flow from those basins account for the chemical denudation of the lithosphere.

Keywords: geosystem, mid-eastern Poland, solute flow

Słowa kluczowe: geosystem, środkowo-wschodnia Polska, odpływ roztworów

* Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Instytut Nauk o Ziemi, Zakład Geografii Regionalnej i Turystyki, aswieca@biotop.umcs.lublin.pl, tbrzezina@poczta.umcs.lublin.pl

WSTĘP

Transport fluwialny jest jednym z podstawowych procesów systemu denudacyjnej strefy umiarkowanej. Jego charakterystyka na tle warunków środowiskowych jest ważnym ogniwem rozpoznania zasad funkcjonowania systemu zlewni rzecznej (Gregory, Walling 1973; Froehlich 1982; Kostrzewski i in. 1994; Krzemień 1999; Dearing, Jones 2003; Kostrzewski, Szpikowski 2003; Meybeck i in. 2003). Określone w zlewni wskaźniki transportu fluwialnego (zawiesin, wleczyn, roztworów) informują nie tylko o dynamice procesów i zróżnicowaniu przestrzennym; dostarczają także cennych informacji o relacjach między ładunkiem materiału wynoszonego a wielkością odpływu rzecznej. Dotychczasowe wyniki badań na obszarze Polski wykazują, że w ogólnym transporcie rumowiska rzecznej dominuje materiał rozpuszczony (Ciupa 1991; Kostrzewski i in. 1994; Maruszczak 1991; Maruszczak i in. 1992; Świeca 1998). Pomiarzy prowadzone w górnej części dorzecza Wieprza (Kociuba 2002) pozwoliły na ustalenie następującego modelu udziału poszczególnych rodzajów transportu $L_d : L_s : L_b = 90,8 : 8,4 : 0,8$ gdzie: L_d – ładunek rozpuszczony, L_s – ładunek zawieszony, L_b – ładunek wleczony. W dotychczasowych badaniach przeważnie pomijano materiał wleczony, koncentrując się na rumowisku zawieszonym i rozpuszczonym.

W środkowo-wschodniej Polsce systematyczne, stacjonarne pomiary zawiesin – w kontekście badań nad erozją gleb – podjęła w latach pięćdziesiątych XX wieku A. Reniger (1956). Badania objęła dorzecze Bystrej (prawy dopływ Wisły) w północno-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Dzięki kontynuacji tych pomiarów przez E. Sadurską zostały opracowane wieloletnie (1952–1957 i 1952–1964) serie codziennych pomiarów odpływu zawiesin z tego dorzecza (Sadurska 1964, 1982; Sadurska, Maruszczak 1982).

Pomiarami roztworów zainteresowano się później. Istniejące opracowania są związane z podjętymi, w połowie lat siedemdziesiątych w Zakładzie Geografii Fizycznej UMCS, semistacjonarnymi badaniami hydrometrycznymi nad denudacją chemiczną i mechaniczną, w niektórych obszarach wyżyn południowopolskich. Pierwszą próbę oceny natężenia denudacji podjęto na podstawie badań w latach 1978–1982 w zlewniach: Bystrej, Wieprza i Uherki (Maruszczak i in. 1992). Kolejne próby podejmowali Maruszczak i Wilgat (1996, 1997) oraz Świeca (1998, 2000). W ośrodku lubelskim prowadzono także studia nad strukturą odpływu roztworów (Maruszczak, Wilgat 1992, 1996, 1997; Świeca 1998). Stwierdzono, że wyniki badań chemizmu wód rzecznych oraz fluwialnego transportu roztworów mogą być interpretowane w aspekcie oceny stopnia i zmian antropopresji. Kolejną próbę oceny, przy wykorzystaniu wyników pomiarów z lat 1981–2000, podjęto w niniejszym opracowaniu.

OBSZAR BADAŃ, ZAKRES OPRACOWANIA, ZASTOSOWANE METODY BADAŃ

Badaniami objęto środkową i południową część międzyrzecza Wisły i Bugu. W ogólnych zarysach badany obszar pokrywa się z Lubelszczyzną (regionem lubelskim). Obszar ten należy do słabiej zaludnionych w skali kraju i zamieszkałych głównie przez ludność wiejską; tradycyjnie przyjmuje się, że jest to region rolniczy. Region lubelski jest w niewielkim stopniu przekształcony antropogenicznie. Zachowały się w nim obszary o unikatowych walorach przyrodniczych, krajobrazowych i rekreacyjnych. Oznaki większej degradacji środowiska są związane z istnieniem Lubelskiego Zagłębia Węglowego oraz rozbudową osiedli miejskich. Ścieki komunalne i przemysłowe istotnie wpływają na stan czystości wód rzecznych. Należy jednak podkreślić, że w latach 90. XX wieku na analizowanym obszarze zaznaczyła się poprawa w zakresie gospodarki ściekowej.

Celem niniejszego opracowania jest ocena regionalnego różnicowania geosystemów zlewni rzecznych w regionie lubelskim. Dla określenia ich charakteru wykorzystano dane hydrometryczne, a szczególnie wskaźniki ilościowe, ustalone na podstawie wyników badań składu chemicznego wód rzecznych oraz fluwialnego transportu roztworów. Analizy dokonano na podstawie informacji dotyczących 19 stanowisk/przekrojów hydrometrycznych (ryc. 1), w tym: dziewięciu stanowisk na Wieprzu i jego dopływach (odpowiednio 1 i 8 stanowisk), trzech stanowisk na Tanwi i jej dopływie - Białej Ładzie oraz na dopływach Wisły (2 stanowiska) i dopływach Bugu (5 stanowisk). Przekroje wodowskazowe IMiGW, zamykają zlewnie o powierzchni od 216 do 3128 km².

Dla oceny charakteru geosystemów zlewni rzecznych (stopnia ich antropogenizacji) wykorzystano współczynniki kompleksowego zanieczyszczenia W_z , określone na podstawie wyników analiz wód rzecznych, udostępnionych przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Lublinie. Współczynniki obliczono według zasad zaprezentowanych w opracowaniu A. Świecy (1998), wykorzystując średnie roczne stężenia sześciu parametrów (uwzględniono mineralizację ogólną w formie suchej pozostałości, stężenie tlenu rozpuszczonego oraz jonów: chlorkowego, fosforanowego, azotu amonowego, a także obciążenie substancją organiczną BZT₅). Porównanie wielkości wskaźników obliczonych dla okresu 1991–2000 z odpowiednimi z lat 1981–1990 wskazuje na trend zmian badanych parametrów.

Odptyw roztworów obliczono według zasad zaprezentowanych w opracowaniu H. Maruszczaka (1990), tj. jako iloczyn średniej rocznej wielkości przepływu i mineralizacji ogólnej. W opracowaniu wykorzystano wyniki oznaczeń mineralizacji ogólnej (w postaci suchej pozostałości) wód rzecznych, dla prób



Ryc. 1. Zróżnicowanie wskaźnika zanieczyszczenia wód (W_z) analizowanych zlewni cząstkowych

Fig. 1. Diversity of the water pollution index (W_z) of the component drainage basins analysed

pobieranych przeważnie raz na miesiąc w latach 1981–2000 w punktach pomiarowych wojewódzkich inspektoratów ochrony środowiska.

CHARAKTERYSTYKA ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

Podstawowe rysy rzeźby analizowanego obszaru wiążą się głównie z ruchami fazy laramijskiej, a szczególnie z fazami młodoalpejskimi, zaś jej drugorzędne cechy uwarunkowane są ułożeniem i własnościami odsłaniających się na powierzchni skał górnokredowych, paleoceńskich i miocenijskich oraz osadów czwartorzędowych (Maruszczak 1972; Harasimiuk 1980). W regionie lubelskim można wyróżnić trzy części, wchodzące w skład równoleżnikowo rozciągających się pasów krajobrazowych: na północy – niziny środkowopolskie, w części środkowej – wyżyny południowopolskie, na południu – obniżenia przedgórskie (Maruszczak 1972).

Północny pas nizinny obejmuje tereny Niziny Mazowieckiej oraz Niziny Polesia: Zachodniego i Południowego. Tworzą go geosystemy zlewni dopływów Wieprza (Tyśmienicy – 2688,0 km² i Mininy – 420,7 km²) oraz dopływów Bugu (Krzny – 3353,2 km² i Włodawki – 724,7 km²). W części mazowieckiej wysokości bezwzględne mieszczą się przeważnie w przedziale 160–200 m, a deniwelacje nie przekraczają 30 m. Natomiast w części poleskiej duży udział mają równiny akumulacji rzecznej i jeziornej. W granicach równin jeziornych wzniesionych 155–165 m n.p.m. o deniwelacjach do 10 m, występują rozległe powierzchnie torfowiskowe z osadami organogenicznymi (gytie, torfy) o miąższości do kilkunastu metrów (Buraczyński, Wojtanowicz 1982, 1988, 1990; Gardziel, Nowak 1994, 1996).

Część środkowa międzyrzecza Wisły i Bugu obejmuje makroregiony o rzeźbie typowo wyżynnej: Wyżynę Lubelską, Wyżynę Wołyńską i Roztocze oraz niewielką część Kotliny Pobuża (Kondracki, Richling 1994). Tę część charakteryzują większe i bardziej zróżnicowane wysokości bezwzględne. Najwyżej wyniesionym makroregionem jest tu Roztocze, w znacznej części sięgające powyżej 300 m n.p.m. W makroregionie Wyżyny Lubelskiej przeważają powierzchnie położone powyżej 200 m n.p.m. W dwóch pozostałych makroregionach pasa wyżynnego, tj. na Wyżynie Wołyńskiej i w Kotlinie Pobuża – których tylko niewielkie części położone są w granicach Polski – warunki orograficzne są podobne jak na Wyżynie Lubelskiej.

W pasie wyżynnym w wielu zlewniach cząstkowych odsłaniają się na powierzchni skały górnokredowe; są one wykształcone w postaci opok z wkładkami margli i wapieni (Bystrzyca – 1315,5 km², Giełczew – 359,2 km², Żółkiewka – 216,5 km²) lub opok i gez (górną Wieprz – 405,0 km²). W innych zlewniach w podłożu przeważają górnokredowe margle, natomiast utwory pokrywowe

stanowią lessy na wyniosłościach i osady mineralno-organiczne w obniżeniach dolinnych (Łabuńka – 513,5 km²). W niektórych zlewniach znaczną rolę odgrywają lessy (Wojśławka – 283,1 km², Wolica – 375,9 km², Por – 590,3 km², Bystra – 295,7 km²). W zasięgu płątów lessowych znaczne wysokości względne (od 30–40 m do 100–120 m) oraz duża wrażliwość tych utworów na działanie wody, decydują o intensywnym rozwoju form wąwozowych.

Południowa część Lubelszczyzny należy do makroregionu Kotliny Sandomierskiej. Obejmuje tereny równinne i wysoczyznowe, o deniwelacjach przeważnie 10–40 m. Równiny obniżają się od 240–250 m n.p.m. przy krawędzi Roztocza do 150 m n.p.m. w dolinie Wisły i Sanu oraz 180–190 m n.p.m. w dolinie Tanwi (Starkel 1972; Wojtanowicz 1992). Są zbudowane głównie z piasków zwydmionych, z obszernymi płytkami i zabagnionymi zagłębieniami (Wojtanowicz 1972; Buraczyński 1993). Obszary wysoczyznowe, zbudowane są z utworów miocénskich (serie ilów krakowieckich) z pokrywą utworów czwartorzędowych, wznoszą się od 195 do 250 m n.p.m. (Starkel 1972; Wojtanowicz 1992). Ta część Lubelszczyzny należy do dorzecza Sanu; odwadniana jest przez Tanew i jej dopływy.

CHARAKTERYSTYKA HYDROLOGICZNA ODPLYWU RZECZNEGO I STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA RZEK

Analizowany obszar w skali kraju wyróżnia się występowaniem zasobnych wód podziemnych, szczególnie w węglanowych skałach górnokredowych (Kolago 1987), oraz niskim wskaźnikiem odpływu (Stachy, Biernat 1987).

W wyróżnionych trzech częściach, wchodzących w skład równoleżnikowo rozciągających się pasów krajobrazowych, charakterystyczne jest zróżnicowanie powierzchniowych form występowania wody (Wojciechowski 1965; Wilgat 1968; Michalczyk 1991). Obie części nizinne – tzn. północna i południowa – wyróżniają się dużą gęstością sieci rzecznej, przy niewielkiej zasobności wód podziemnych. Część wyżynna ma rzadszą sieć rzeczna, ale znacznie większe zasoby wód podziemnych. W części wyżynnej rozległe tereny wierzchwinowe są niemal całkowicie pozbawione wód powierzchniowych; najgęstsza sieć hydrograficzna występuje w rozległych obniżeniach, szczególnie w Kotlinach: Chodelskiej, Zamojskiej i Hrubieszowskiej (Wilgat 1968; Michalczyk 1986).

Podstawowym wskaźnikiem charakteryzującym zasobność wodną rzek jest moduł odpływu oraz odpływ jednostkowy.

Średni przepływ największej rzeki analizowanego obszaru, czyli Wieprza, w dziesięcioleciu 1991–2000 wahał się od 2,10 m³/s w górnym biegu rzeki w Zwierzyńcu do 33,26 m³/s w dolnym biegu w Kośminie. Spośród dopływów Wieprza z przekrojami wodowskazowymi IMiGW niewielkimi średnimi rocz-

nyymi przepływami (około 1 m³/s) charakteryzowały się Wojsławka (0,79) i Świn-ka (0,86); nieco wyższymi – Giełczew (1,16), Wolica (1,08), Łabuńka (1,84 m³/s) i znacznie wyższymi – Por (2,87 m³/s), Bystrzyca (4,82) i Tyśmienica (8,51 m³/s).

Przepływ Wieprza w odcinku ujściowym w profilu Kośmin (10 231 km²) w latach 1991–2000 był około 2,5-krotnie wyższy od przepływu Tanwi (12,73 m³/s) określonego w profilu Harasiuki (2034 km²). Tanew jest drugą pod względem ilości wody rzeką autochtoniczną; odwadnia południowe peryferie części wyżynnej, a przede wszystkim niziną część południową. Trzecią pod względem ilości wody rzeką autochtoniczną jest Krzna; średni przepływ rzeki w odcinku ujściowym w profilu Małowa Góra (3127,7 km²) w latach 1991–2000 wynosił 10,36 m³/s.

W rzekach zachodniej Lubelszczyzny – dopływach Wisły – Wyźnica, Chodelka, Bystra, Kurówka – przepływy są wielokrotnie mniejsze (1,0–1,7 m³/s). Natomiast spośród dopływów Bugu, z przekrojami wodowskazowymi IMiGW, niewielkim średnim rocznym przepływem (0,7 m³/s) charakteryzował się Udał (0,79); nieco wyższymi – Uherka (1,51) i Włodawka (1,93) i znacznie wyższymi – Huczwa (3,61 m³/s) i Krzna (10,36 m³/s).

Odprawy jednostkowe w części wyżynnej w latach 1991–2000 były w zakresie od około 3,0 do 4,5 dm³/s·km², na Roztoczu przekraczały 5 dm³/s·km², a na południowym jego skłonie nawet 6,5–7,0 dm³/s·km². W częściach nizinnych wahały się w przedziale od 2,5 do 3,5 dm³/s·km². Prezentowane wyniki badań z lat 1991–2000 odnoszą się do okresu wysokich stanów wód. Spośród siedmiu przekrojów hydrometrycznych na Wieprzu, aż w sześciu przepływy z lat 1991–2000 były wyższe niż w dziesięcioleciu 1981–1990 – najbardziej (o około 12%) w górnym biegu w Zwierzyńcu.

Geosystemy zlewni rzecznych dopływów Wieprza, Wisły i Bugu charakteryzują się znacznym różnicowaniem warunków i natężenia działalności człowieka. Próba kompleksowej oceny stanu zanieczyszczenia wód, przy wykorzystaniu współczynnika zanieczyszczenia W_z , na podstawie średnich rocznych z lat 1991–2000 pozwoliła różnicować analizowane zlewnie w pięciostopniowej skali zanieczyszczenia: I° ($W_z < 0,75$) „czyste”; II° ($W_z = 0,76–1,00$) „nieznacznie zanieczyszczone”; III° ($W_z = 1,01–1,50$) „wyraźnie zanieczyszczone”; IV° ($W_z = 1,51–2,00$) „silnie zanieczyszczone” – wśród analizowanych zlewni nie zidentyfikowano; V° ($W_z > 2,00$) „krytycznie zanieczyszczone”.

Skasyfikowane wody rzeczne różnią się pod względem cech chemicznych i obciążenia związkami organicznymi.

W zlewniach „czystych” – górna Tanew, środkowa Tanew, Biała Łada, górny Wieprz, Por, Wolica, Wojsławka – wody rzeczne w latach 1991–2000 charakteryzowało: dobre natlenienie (8,5–9,6 mg O₂/dm³), małe obciążenie związkami organicznymi (BZT₅ 1,9–2,9 mg O₂/dm³) oraz niewielkie stężenie: PO₄³⁻ (0,23–0,28 mg/dm³), N-NH₄⁺ (0,28–0,35 mg/dm³), Cl⁻ (12–16 mg/dm³).

W zlewniach „nieznacznie zanieczyszczonych” – Huczwa, Udal, Włodawka, Giełczew, Tyśmienica, Bystra, Kurówka – przy równie dobrych warunkach tlenowych ($8,0\text{--}11,2\text{ mg O}_2/\text{dm}^3$) wody rzeczne zawierały więcej PO_4^{3-} ($0,23\text{--}0,49\text{ mg}/\text{dm}^3$), N-NH_4^+ ($0,47\text{--}0,74\text{ mg}/\text{dm}^3$) i Cl^- ($13\text{--}37\text{ mg}/\text{dm}^3$) oraz były nieco bardziej obciążone związkami organicznymi (BZT_5 $2,6\text{--}3,7\text{ mg O}_2/\text{dm}^3$).

Dla wód rzecznych „wyraźnie zanieczyszczonych” – Świnka, Krzna, Wyżnica – stwierdzono następujące średnie roczne stężenia (w mg/dm^3): tlenu rozpuszczonego $8,7\text{--}10,2$; PO_4^{3-} $0,66\text{--}0,97$; N-NH_4^+ $0,46\text{--}1,31$; BZT_5 $2,7\text{--}5,2$. Pod względem obciążenia chlorkami w tej grupie zlewni wyróżniała się Świnka ($196\text{ mg}/\text{dm}^3$) odprowadzająca wody kopalniane z rejonu Łęcznej; w pozostałych zlewniach średnie roczne wielkości były wielokrotnie niższe ($17\text{--}22\text{ mg}/\text{dm}^3$).

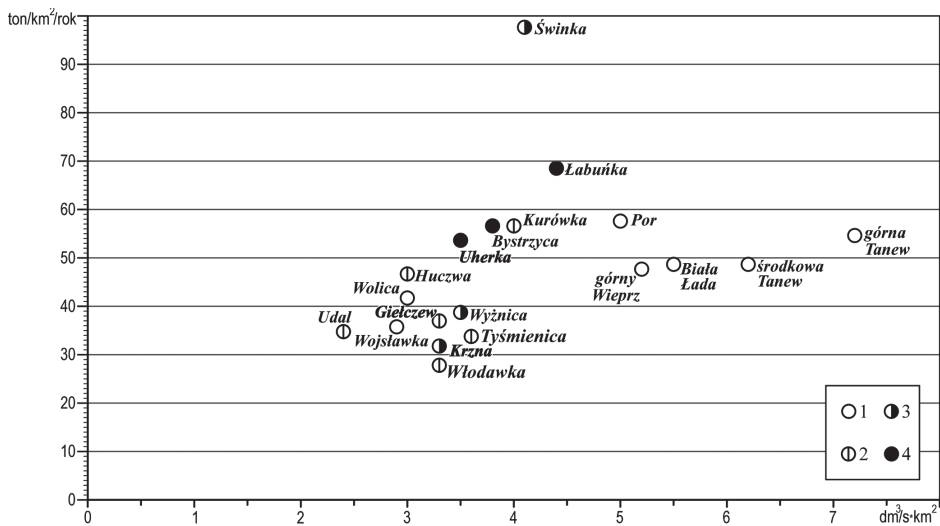
Najgorsze parametry chemizmu wód wykazały zlewnie „krytycznie zanieczyszczone” – Łabuńka, Uherka, Bystrzyca – z wodami rzeczными o znacznie gorszych warunkach tlenowych ($5,8\text{--}7,3\text{ mg O}_2/\text{dm}^3$), większym obciążeniu związkami organicznymi (BZT_5 $5,5\text{--}13,8\text{ mg O}_2/\text{dm}^3$), wyższym stężeniu Cl^- ($30\text{--}49\text{ mg}/\text{dm}^3$) oraz wielokrotnie wyższym stężeniu N-NH_4^+ ($1,98\text{--}3,38\text{ mg}/\text{dm}^3$) i PO_4^{3-} ($1,50\text{--}4,46\text{ mg}/\text{dm}^3$).

PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE ODPLYWU ROZTWORÓW

Parametry odpływu roztworów określono dla lat 1991–2000 (ryc. 2), a dla uchwycenia dynamiki zmian odniesiono je do średnich z dziesięciolecia 1981–1990 (ryc. 3). W latach 1991–2000 wody rzeczne odprowadzały przeważnie więcej roztworów niż w dziesięcioleciu 1981–1990, o czym decydowały przede wszystkim wyższe odpływy rzeczne. Zaznaczyło się przy tym znaczne zróżnicowanie przestrzenne.

Spośród „wyraźnie” i „krytycznie zanieczyszczonych” wysokie wskaźniki zanotowano w zlewniach: Świnki, Łabuńki, Uherki i Bystrzycy (ryc. 2). „Wyraźnie zanieczyszczona” zlewnia Świnki wyróżniała się maksymalnym wskaźnikiem odpływu roztworów; średni z lat 1991–2000 ($98\text{ ton}/\text{km}^2\text{ rok}$) różnił się znacznie od średniego ($74\text{ ton}/\text{km}^2\text{ rok}$) dla lat 1981–1990 i był aż o 48% wyższy od ($66,1$) określonego dla lat 1978–1982 (Maruszczak i in. 1992).

Wysokie wskaźniki transportu roztworów notowano w zlewniach „krytycznie zanieczyszczonych” – Łabuńki, Bystrzycy i Uherki. Dla lat 1991–2000 określono je odpowiednio na 69 , 57 i $54\text{ ton}/\text{km}^2\text{ rok}$; wskaźniki te były od 2 do 11% wyższe od średnich dziesięcioletnich (1981–1990). W zlewni Bystrzycy średni odpływ roztworów $57\text{ ton}/\text{km}^2\text{ rok}$, określony na podstawie danych z lat 1991–1990, niewiele różnił się od obliczonego ($55,2\text{ ton}/\text{km}^2\text{ rok}$) dla tej zlewni na podstawie danych z lat 1975–1980 przez H. Maruszczaka (1990a). Znacznie większe różnice zanotowano w zlewni Uherki, gdzie średni dziesięcioletni



Ryc. 2. Zróżnicowanie średnich rocznych wskaźników odpływu jednostkowego roztworów oraz jednostkowego odpływu rzecznego w wybranych zlewniach środkowowschodniej Polski w latach 1991–2000.

Rzeki: 1 – „czyste”, 2 – „nieznacznie zanieczyszczone”, 3 – „wyraźnie zanieczyszczone”, 4 – „krytycznie zanieczyszczone”.

Fig. 2. Diversity of average annual indices of unitary solute flow and unitary river flow in the selected basins of mid-eastern Poland in the 1991–2000 period.

1) “clean”, 2) “slightly polluted”, 3) “considerably polluted”, and 4) “critically polluted” rivers.

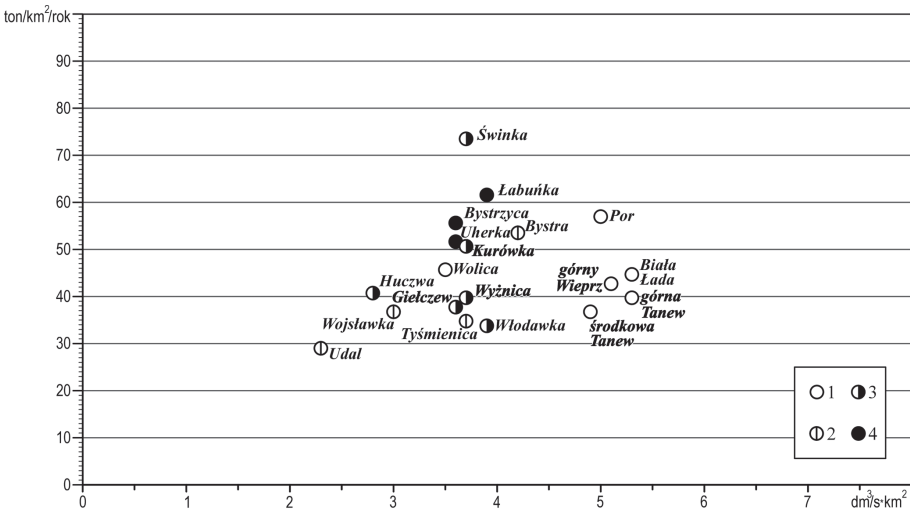
wskaźnik 54 ton/km² rok był około 28% niższy od (75) obliczonego dla lat 1980–1982 (Świeca 1991).

W dwóch pozostałych zlewniach tej grupy, tj. Krznie i Wyżnicy, wskaźniki transportu roztworów w latach 1991–2000 wynosiły odpowiednio: 32 i 39 ton/km² rok; były one niższe od średnich dziesięcioletnich 1981–1990 około 2%.

W zlewniach odwadnianych przez rzeki „czyste” (górna Tanew, środkowa Tanew, Biała Łada, górny Wieprz, Por, Wolica, Wojśława) i „nieznacznie zanieczyszczone” (Huczwa, Udal, Włodawka, Giełczew, Tyśmienica, Bystra, Kurówka) określone wskaźniki transportu roztworów odzwierciedlają stosunki geologiczne i wielkość odpływu.

W wyżynnej części międzyrzecza Wisły i Bugu, w obszarach występowania opok i gez, w latach 1991–2000, przy odpływach rzecznych około 5,2 dm³/s km², jednostkowy wskaźnik odpływu roztworów wynosił około 48 ton/km² rok (zlewnia górnego Wieprza powyżej Zwierzyńca).

W zlewniach z występującymi w podłożu skałami górnokredowymi przykrytymi lessem, z odpływem rzeczonym około 3,0 dm³/s km², wskaźniki wynosiły 36–42 ton/km² rok (zlewnia Wojśławki, zlewnia Wolicy), a przy odpływach około 4 dm³/s km² – 54 ton/km² rok (zlewnia Bystrej) i około 5 dm³/s km² –



Ryc. 3. Zróżnicowanie średnich rocznych wskaźników odpływu jednostkowego rozтворów oraz jednostkowego odpływu rzecznej w wybranych zlewniach środkowowschodniej Polski w latach 1981–1990.

Rzeki: 1 – „czyste”, 2 – „nieznacznie zanieczyszczone”, 3 – „wyraźnie zanieczyszczone”, 4 – „krytycznie zanieczyszczone”.

Fig. 3. Diversity of average annual indices of unitary solute flow and unitary river flow in the selected basins of mid-eastern Poland in the 1981–1990 period.

1) “clean”, 2) “slightly polluted”, 3) “considerably polluted”, and 4) “critically polluted” rivers.

około 58 ton/km² rok (zlewnia Poru). W zlewni Wolicy średni jednostkowy odpływ rozтворów z lat 1991–2000 wynosił 42 ton/km² rok i znacznie różnił się od wskaźnika 66,7 ton/km² rok określonego dla 1981 r. przez A. Górniaka (1982). Natomiast w zlewni Bystrej powyżej Wierzchoniowa wskaźnik 54 ton/km² rok z lat 1981–1990 był tylko niewiele niższy od określonego na podstawie danych z lat 1974–1975 na 57,4 ton/km² rok (Rodzik 1981), ale aż o 31% niższy od wskaźnika 78,6 ton/km² rok określonego dla lat 1978–1982 (Maruszczak i in. 1992).

Dla nizinnej części N i NE omawianego obszaru, przy średnich rocznych odpływach jednostkowych około 3,5 dm³/s km², transport rozтворów wynosił 28–34 ton/km² rok (zlewnia Włodawki, zlewnia Tyśmienicy). Natomiast w obszarze występowania form krasowych (zlewnia Udału) w latach 1991–2000, przy średnich rocznych odpływach jednostkowych 2,5 dm³/s km², transport rozтворów wynosił około 35 ton/km² rok.

Dla nizinnej części południowej, przy odpływach około 5,5 dm³/s km², wskaźniki te wynosiły około 45–49 ton/km² rok (zlewnia Białej Łady), a przy odpływach około 7,0 dm³/s km² – 55 ton/km² rok (zlewnia Tanwi). Według dziesięcioletniej serii obserwacyjnej (1981–1990) w zlewni Białej Łady, powyżej

przekroju Biłgoraj, średni odpływ roztworów wynosił 45 ton/km² rok i był o 19% wyższy niż w latach 1970–1971 (Buraczyński, Michalczyk 1973).

Średnie wskaźniki z lat 1991–2000 były przeważnie niższe od odpowiednich z dziesięciolecia 1981–1990, o czym zdecydowały niższe odpływy rzeczne. Zaprezentowany obraz różnicowania odpływu roztworów, ze zlewni w małym stopniu skażonych ściekami, niewiele różni się od opracowanego przez H. Maruszczaka (1991) na podstawie danych z lat 1976–1985.

WNIOSKI

Geosystemy zlewni rzecznych dopływów Wieprza, Wisły i Bugu charakteryzują się znacznym różnicowaniem warunków przyrodniczych i natężenia działalności człowieka. Do oceny różnicowania zlewni wykorzystano rzeczny transport roztworów. Próba kompleksowej oceny stanu zanieczyszczenia wód przy wykorzystaniu współczynnika zanieczyszczenia W_z , pozwoliła zróżnicować analizowane zlewnie w pięciostopniowej skali zanieczyszczenia: „czyste” (Tanew, Biała Łada, górny Wieprz, Por, Wolica, Wojsławka), „nieznacznie zanieczyszczone” (Huczwa, Udał, Włodawka, Giełczew, Tyśmienica, Bystra, Kurówka), „wyraźnie zanieczyszczone” (Świnka, Krzna, Wyźnica), „krytycznie zanieczyszczone” (Łabuńka, Uherka, Bystrzyca).

Wskaźniki odpływu roztworów w dziesięcioleciu 1991–2000 w zlewniach „wyraźnie” i „krytycznie zanieczyszczone” wahały się od 32 do 98 ton/km²rok, natomiast w zlewniach „czystych” i „nieznacznie zanieczyszczone” były w zakresie od 28 do 58 ton/km²rok.

W zlewniach „wyraźnie” i „krytycznie zanieczyszczone” degradacja wód rzecznych jest związana z istnieniem Lubelskiego Zagłębia Węglowego (Świnka) lub rozbudową ośrodków miejskich (Krzna – Biała Podlaska, Wyźnica – Kraśnik, Łabuńka – Zamość, Uherka – Chełm, Bystrzyca – Lublin).

W zlewniach „czystych” i „nieznacznie zanieczyszczone” transport roztworów jest różnicowany odpowiednio do stosunków geologicznych i odpływów rzecznych.

W północnej części nizinnej, w której wśród utworów pokrywających skały górnokredowe dominują fluwioglacjalne, rzeczno-rozlewiskowe i jeziorne, przy odpływach 3,5–4,0 dm³/s km², wskaźniki jednostkowe odpływu roztworów wynosiły 20–28 ton/km²rok. Wyższymi wskaźnikami, a mianowicie 33–39 ton/km²rok, charakteryzuje się południowa część nizinna, w której utwory pokrywowe z dominującymi piaskami rzeczno-jeziornymi, zalegają na utworach trzeciorzędowych, a przeciętne odpływy rzeczne wynosiły około 6,5–7,0 dm³/s km².

Dla strefy pogranicza wyżyn i nizin w części N i NE międzyrzecza, gdzie miejscami dość płytko występują górnokredowe wapienie margliste i kreda piszą-

ca, jednostkowe wskaźniki odpływu roztworów wynosiły od 25 do 32 ton/km²rok. Przy odpływach rzecznych około 2,5 dm³/s km² wskaźnik ten wynosił 25–28 ton/km²rok (zlewnia Udal), a przy odpływach około 3,5 dm³/s km² od 27 do 32 ton/km²rok (zlewnia Uherki).

Największe zróżnicowanie odpływu roztworów zaznacza się w części wyżynnej międzyrzecza. W obszarach występowania górnokredowych opok z wkładkami margli i wapieni, miejscami przykrytych paleoceńskimi i mioceńskimi marglami i wapieniami, przy odpływach około 4 dm³/s km² odpływ roztworów 20–25 ton/km²rok. Wielkości te są niewiele wyższe od przeciętnego (23 ton/km²rok) dla dorzecza Wieprza, oszacowanego przez H. Maruszczaka i M. Wilgat (1997) na podstawie danych z lat 1976–1985, a także obliczonego przez J. Corbela (1959) dla dziedziny klimatu umiarkowanego kontynentalnego.

Wyższymi wskaźnikami charakteryzują się zlewnie zbudowane z opok i gez, miejscami przykrytych mioceńskimi wapieniami, ale wyróżniające się wyższymi odpływami rzecznyymi. Przy odpływach około 5,5 dm³/s km² jednostkowe wskaźniki odpływu roztworów wynosiły 34–38 ton/km²rok (zlewnia górnego Wieprza), a przy odpływach około 6,5 dm³/s km² od 34 do 39 ton/km²rok (zlewnia górnej Tanwi). Zlewnie o podobnej budowie geologicznej, ale z lokalnie występującymi płatami lessów wśród utworów pokrywowych, cechuje wskaźnik 23–27 ton/km²rok przy odpływach około 3,5 dm³/s km² (zlewnia Wyżnicy) i 34–39 ton/km²rok przy odpływach około 5,5 dm³/s km² (zlewnia górnej Białej Łady).

Wysokimi wskaźnikami odpływu roztworów w części wyżynnej charakteryzują się zlewnie z powszechnie występującymi pokrywami lessowymi, a także zlewnie z marglami w podłożu. Wielkości wskaźników wykazały zróżnicowanie w zależności od odpływu rzecznoego. W zlewniach „lessowych” z odpływem około 3,0 dm³/s km² wskaźniki jednostkowe wynosiły 30–38 ton/km²rok (zlewnie Wojsławki, Wolicy Huczwy), a z odpływem około 5,0 dm³/s km² w zakresie 41–46 ton/km²rok (zlewnia Poru). W zlewniach zbudowanych z margli, z lessami na wyniosłościach i osadami mineralno-organicznymi w obniżeniach dolinnych; przy odpływach około 4,5 dm³/s km² wskaźniki jednostkowe wynosiły 35–41 ton/km²rok (zlewnie Łabuńki).

Literatura

- Buraczyński J., 1993. *Rozwój procesów eolicznych piętra Wisły na Roztoczu i w Kotlinie Sandomierskiej*. UMCS, Lublin, s. 64.
- Buraczyński J., Michalczyk Z., 1973. Denudacja chemiczna w dorzeczu Białej Łady, *Annales UMCS*, Lublin, B, 28, 127–138.
- Buraczyński J., Wojtanowicz J., 1982. *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1 : 50 000*. Ark. Kołacze (716). Wyd. Geol., Warszawa, s. 81.

- Buraczyński J., Wojtanowicz J., 1988. *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1 : 50 000. Ark. Sawin (752)*. Wyd. Geol., Warszawa, s. 92.
- Buraczyński J., Wojtanowicz J., 1990. *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1 : 50 000. Ark. Świerże (753), Okopy (754)*. Wyd. Geol., Warszawa, s. 83.
- Ciupa T., 1991. *Współczesny transport fluwialny w zlewni Białej Nidy*. WSP, Kielce, s. 150.
- Corbel J., 1959. Vitesse de l'érosion. *Zeitschrift für Geomorphologie* 3, 1–28.
- Dearing J.A., Jones R.T., 2003. Coupling temporal and spatial dimensions of global sediment flux through lake and marine sediment records. *Global and Planetary Change* 39, 1–2, 147–168.
- Froehlich W., 1982. Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej, *Prace Geogr. IGI PAN* 143, s. 144.
- Gardziel Z., Nowak J., 1994. Współczesne i kopalne osady limniczne w okolicy Sosnowicy (Polesie Lubelskie). *Annales UMCS B*, 49, 33–49.
- Gardziel Z., Nowak J., 1996. Poligeniza rzeźby centralnej części Polesia Lubelskiego na przykładzie okolic Sosnowicy. *Acta Geogr. Lodziensia* 71, 43–53.
- Górniak A., 1982. Przyczynek do poznania denudacji chemicznej dorzecza Wolicy. *Annales UMCS, Lublin, B*, 37, 103–117.
- Gregory K.J., Walling D.E., 1973. *Drainage basin form and process*. Arnold, London, 456 s.
- Harasimiuk M., 1980. Rzeźba strukturalna Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. *Rozpr. hab. Wyd. BiNoZ UMCS, Lublin*, s. 136.
- Kociuba W., 2002. *Współczesny rozwój dna doliny górnego Wieprza*. Rozpr. doktorska, Arch. Bibl. Gł. UMCS, Lublin, s. 243.
- Kolago C., 1987. Wody podziemne, hydrogeologia, [w:] J. Stachy (red.), *Atlas hydrologiczny Polski*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Kondracki J., Richling A., 1994. Regiony fizyczno-geograficzne, [w:] J. Kondracki, *Geografia Polski. Mezo-regiony fizyczno-geograficzne*. PWN, Warszawa, s. 361.
- Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z., 1994. *Dynamika transportu fluwialnego jako odbicie funkcjonowania systemu zlewni*. Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, Poznań, s. 165.
- Kostrzewski A., Szpikowski J. (red.), 2003. *Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 387.
- Krzemień K. (red.), 1999. River channels – pattern, structure and dynamics. *Prace Geogr. Instytutu Geografii UJ*, 104, s. 144.
- Maruszczak H., 1972. Wyżyny lubelsko-wołyńskie, [w:] M. Klimaszewski (red.), *Geomorfologia Polski*. 1, Warszawa, 340–383.
- Maruszczak H., 1990. Denudacja chemiczna, [w:] M. Bogacki (red.) *Współczesne przemiany rzeźby Polski południowowschodniej*, *Prace Geogr. IGI PAN*, 153, 23–41.
- Maruszczak H., 1990a. Sediment transport in the Vistula drainage basin, [w:] Evolution of the Vistula river valley during the last 15 000 years. part 3, *Geogr. Studies, Spec. Issue 5*, Inst. Geogr. Spatial Org., Polish Acad. Sci., Ossolineum, Wrocław, 85–90.
- Maruszczak H., 1991. Denudacja chemiczna, [w:] L. Starkel (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*. PWN, Warszawa, 413–416.
- Maruszczak H., Wilgat M., 1992. Zróżnicowanie regionalne geoekosystemów dorzecza Bugu w świetle badań odpływu roztworów. *Annales UMCS, B*, 44/45 (1989/1990), 131–144.

- Maruszczak H., Wilgat M., 1996. An attempt of balancing the solute yield from the Bug river catchment with a special consideration on anthropogenic components, [w:] Harasimiuk M., Wojtanowicz J. (ed.), *The Regional Ecological Problems*, Scientific Works of IIAREP, I, UMCS, Lublin, 77–82.
- Maruszczak H., Wilgat M., 1997. Structure of the solute yield in the Vistula river basin with special regard to anthropogenic components. *Geogr. Pol.* 68, 31–50.
- Maruszczak H., Rodzik J., Świeca A., 1992. Denudacja mechaniczna i chemiczna we wschodniej części pasa wyżyn południowopolskich. *Prace Geogr. IGIiPZ*, 155, 105–131.
- Meybeck M., Laroche L., Dürr H.H., Syvitski J.P.M., 2003. Global variability of daily total suspended solids and their fluxes in rivers, *Global and Planetary Change* 39, 1–2, 65–93.
- Michalczyk Z., 1986. Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. *Rozpr. hab.*, 30, Wyd. UMCS, Lublin, s. 195.
- Michalczyk Z., 1991. Zasilanie podziemne rzek Lubelszczyzny, *Współczesne problemy hydrogeologii*. V Ogólnopolskie Sympozjum, Warszawa-Jachranka, Wyd. SGGW-AR, 165–169.
- Reniger A., 1956. Wyniki badań materiału unoszonego na Lubelszczyźnie w korycie rzeki Bystrej. *Gosp. Wodna* 16, 12, 525–529.
- Rodzik J., 1981. Wpływ wysokich opadów z października 1974 r. na denudację w zlewni Bystrej. *Biuletyn Lub. Tow. Nauk.* 23, 1/2, 13–17.
- Sadurska E., 1964. Materiał unoszony przez rzekę Bystrą jako miernik natężenia erozji wodnej gleb. *Pamiętnik Puławski* 12, 89–106.
- Sadurska E., 1982. Zróżnicowanie przestrzenne denudacji mechanicznej w średnio urzeźbionych obszarach lessowych w dorzeczu Bystrej na Wyżynie Lubelskiej. *Pamiętnik Puławski*, 78, 9–26.
- Sadurska E., Maruszczak H., 1982. Zmiany natężenia denudacji mechanicznej w górnej części dorzecza Bystrej na Wyżynie Lubelskiej w dwudziestoleciu 1952–1971. *Pamiętnik Puławski* 78, 27–47.
- Stachy J., Biernat B., 1987. Odpiływ rzeczny. Średni odpiływ jednostkowy, [w:] J. Stachy (red.), *Atlas hydrologiczny Polski*, Wyd. Geol, Warszawa.
- Starkel L., 1972. Karpaty Zewnętrzne. Kotlina Sandomierska. [w:] M. Klimaszewski (red.), *Geomorfologia Polski. Polska Południowa*. 1: 52–115, 138–166.
- Świeca A., 1991. Procesy denudacji w północnej części pagórów Chełmskich. *Annales UMCS*, Lublin, B, 40 (1985), 105–131.
- Świeca A., 1998. Wpływ czynników antropogenicznych na rzeczny odpiływ rozтворów i zawiesin na międzyrzeczu Wisły i Bugu. *Rozpr. hab.*, 61, Wyd. UMCS, Lublin, 326 s.
- Świeca A., 2000. Spatial variability of chemical denudation in the upland part of the Vistula and Bug interfluve. *Kras i Speleologia*, 10 (XIX), 84–104.
- Wilgat T., 1968. Przeglądowa mapa hydrogeograficzna województwa lubelskiego. *Annales UMCS*, Lublin, B, 20 (1965), 223–242.
- Wojciechowski K., 1965. Niedobory i nadwyżki wodne w województwie lubelskim. *Annales UMCS*, Lublin, 18 (1963), 249–263.
- Wojtanowicz J., 1972. Wydmy Niziny Sandomierskiej w świetle badań granulometrycznych. *Annales UMCS*, Lublin, B, 25 (1970), 1–49.
- Wojtanowicz J., 1992. Podział fizycznogeograficzny Kotliny Sandomierskiej. *Annales UMCS*, Lublin, B, 44/45(1989/1990), 3, 67–93.