

Andrzej GÓRNIAK

Przyczynek do poznania denudacji chemicznej dorzecza Wolicy

Химическая денудация в бассейне р. Волицы

The Chemical Denudation in Wolica River-basin

WSTĘP

Denudacja chemiczna zależy głównie od czynników klimatycznych oraz rozpuszczalności skał. Aby określić natężenie procesów wymywania chemicznego z dorzecza w sposób ilościowy, potrzebne są dwa parametry: odpływ z dorzecza oraz mineralizacja wód. Często w literaturze wspomina się o dużej denudacji chemicznej obszarów lessowych (m. in. Maruszczak 1966, 1972, Pulina 1974). Dorzecze Wolicy jest właśnie typową zlewnią obszarów lessowych, dlatego podjęto próbę oceny ilościowej natężenia denudacji chemicznej na tym terenie.

Badania prowadzono w roku hydrologicznym 1981, tj. od 1 XI 1980 r. do 31 X 1981 r. Systematycznie (przeciętnie co 2—3 dni) pobierano próbki wody z Wolicy przy wodowskazie w Orłowie Drewnianym. W sumie w czasie badań pobrano 154 próby wody z Wolicy i ponad 30 prób z większych źródeł dorzecza. We wszystkich próbach oznaczono mineralizację ogólną metodą konduktometryczną. W około 1/3 prób oznaczono stężenie jonów wodorowych pH oraz zawartość jonów wapnia, magnezu, wodorowęglanów, chlorków oraz sporadycznie siarczanów. Materiał ten uzupełniono o analizy chemiczne wód podziemnych i powierzchniowych z dorzecza Wolicy wykonane przez Samodzielną Pracownię Badań i Kontroli Środowiska w Zamościu, terenową Stację Sanitarно-Epidemiologiczną w Zamościu oraz Przedsiębiorstwo Zaopatrzenia Rolnictwa w Wodę „Wodrol” w Lublinie. Mineralizację wody w rzece do celów obliczeń denudacyjnych wyliczono według wzoru Doroszewskiego w modyfikacji J a ń c a

(1983). Przy pomocy wzoru obliczono mineralizację wód Wolicy w ciągu całego okresu badań. Dla dni pomiędzy kolejnymi pomiarami przewodności, gdy następowała jednokierunkowa zmiana tego parametru, wartości dzienne uzupełniono proporcjonalnie do przepływu. W innych przypadkach, wartości uzupełniono przy pomocy prostej regresji w postaci:

(1)

$$K = -31,031 Q + 512,5$$

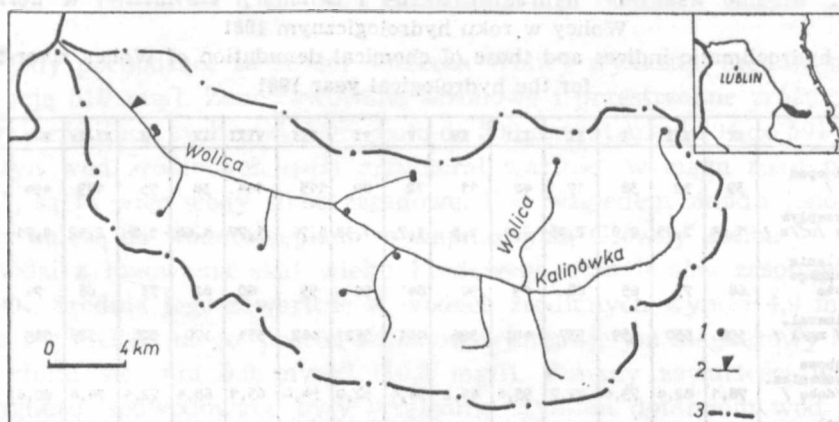
gdzie K — przewodność właściwa dla 10°C , Q — przepływ m^3/s .

TEREN BADAŃ

Dorzecze Wolicy leży w północnej części województwa zamojskiego. Pod względem fizjograficznym położone jest w centralnej części Działów Grabowieckich (Chałubińska, Wilgat 1954) i charakteryzuje się dużym urozmaiceniem rzeźby. Główny zarys rzeźby dorzecze uzyskało w pliocenie, kiedy zostało wymodelowane w utworach górnokredowych (mastrycht górny). O współczesnym charakterze rzeźby decyduje przede wszystkim miąższa pokrywa lessowa, która prawie w całości pokrywa omawiane dorzecze. Dzięki niej na zboczach dolin licznie występują głębokie i rozgałęzione wąwozy oraz suche doliny. Gęstość wąwozów jest znaczna i osiąga wartość $3,5 \text{ km}/\text{km}^2$ w okolicach Stryjowa. Główna dolina dorzecza, którą płynie Wolica, ma przebieg NW—SE. Dno tej doliny i dolin bocznych wykazuje tendencje do podnoszenia się. Powodem jest akumulacja materiału pochodzącego z intensywnej erozji obszarów lessowych. W dorzeczu Wolicy występują powszechnie kompleksy gleb brunatnych i płowych wykształconych na lessach. Małymi płacami występują rędziny oraz gleby mułowo-bagiennie.

Teren badań jest obszarem typowo rolniczym. Intensywna gospodarka człowieka doprowadziła do wykarczowania dużych obszarów leśnych, w wyniku czego lesistość dorzecza wynosi 16% (Nowacka 1976). Na tym obszarze nie ma dużych zakładów przemysłowych, które mogłyby zanieczyszczać wody powierzchniowe i podziemne.

Wolica, główna rzeka Działów Grabowieckich, bierze swój początek z małego źródła w Tuczępach. Większość dopływów przyjmuje z lewej strony (ryc. 1). Największy z nich, Kalinówka, ma ponad 12 km długości. Całkowita długość Wolicy wynosi 42 km, a powierzchnia dorzecza $376,1 \text{ km}^2$. Kształt dorzecza charakteryzuje się wydłużeniem, a świadczy o tym wskaźnik zwartości dorzecza wynoszący 1,57 (Kasperek 1963). Wody podziemne w dorzeczu Wolicy występują zasadniczo w dwóch zbiornikach podziemnych. Najbardziej zasobny jest zbiornik wód w utworach kredowych (margle, wapienie margliste), składający się z kilku poziomów



Ryc. 1. Sieć wodna w dorzeczu Wolicy; 1 — źródła, 2 — punkt pomiarowy, 3 — dział wodny
 Water system of Wolica river-basin; 1 — springs, 2 — measurement point, 3 — watershed

wodonośnych (Wilg at 1968, 1970). Z poziomu kredowego zasilana jest większość źródeł, których w dorzeczu jest ponad 130. Przeważnie są to źródła o małej wydajności (do 5 l/s). Drugi, mniej zasobny poziom wodonośny występuje w utworach czwartorzędowych (wody aluwialne i śródlessowe). Wody aluwialne zasilane są z piętra kredowego oraz wodami rzecznyymi.

WARUNKI HYDROKLIMATYCZNE

Rok hydrologiczny 1981, w którym przeprowadzono badania, był pod względem termicznym podobny do przeciętnego na tym terenie. Okres jesienno-zimowy charakteryzował się częstymi wahaniami temperatury. Opad średni w dorzeczu Wolicy w 1981 r. wynosił 673 mm (tab. 1). W półroczu zimowym dorzecze otrzymało około 30% ilości rocznej opadów. Część opadów w tym okresie wystąpiła w postaci stałej. Pokrywa śnieżna trwała łącznie około 80 dni i nie przekraczała średnio 15 cm grubości. Najmniejsze miesięczne opady w dorzeczu zanotowano w miesiącu kwietniu (11 mm). Duże opady wystąpiły w lipcu i sierpniu. Największy opad dzienny osiągnął wartość 60 mm. Częstość opadów letnich o znacznej intensywności na tym terenie jest stosunkowo duża w porównaniu z innymi obszarami Polski (Maruszczak, Trembaczowski 1958, Górniak 1982). Warunki klimatyczne miały decydujący wpływ na reżim odpływu z dorzecza. Średni przepływ Wolicy w Orłowie Drewnia-

Tab. 1. Średnie wskaźniki hydroklimatyczne i denudacji chemicznej w dorzeczu Wolicy w roku hydrologicznym 1981

Mean hydroclimatic indices and those of chemical denudation of Wolica river-basin for the hydrological year 1981

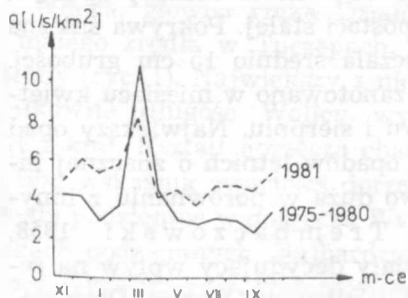
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	Rok
Średni opad / mm /	39	32	38	17	42	11	72	80	115	114	38	75	179	498	673
Śr. przepływ Wolicy / m ³ /s /	1,84	2,25	2,0	2,13	3,0	1,5	1,7	1,38	1,76	1,77	1,68	1,89	2,12	1,71	1,92
% zasilanie podziemnego dorzecza	68	77	65	60	49	90	84	91	55	60	82	73	68	74	71
Śr. mineral. wody / mg/l /	598	550	559	537	498	396	461	542	462	553	570	525	523	519	520
Śr. dobowe denud. chemics. / t/dobę /	78,1	82,4	73,6	77,7	95,6	41,2	54,4	52,0	54,0	65,1	65,4	72,4	74,8	60,6	67,7
% udział denudacji podziemnej	65,0	60,7	70,8	67,8	56,2	99,98	93,8	87,3	81,1	69,6	69,6	61,9	70,8	77,2	74,8

nym w 1981 r. wynosił 1,92 m³/s i był większy od średniego z lat 1975—1980 o prawie 0,5 m³/s. Przepływ zmieniał się od 0,76 do 8,75 m³/s (ryc. 3). O nieregularności przepływów Wolicy świadczą poniższe miary:

współczynnik nieregularności $\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} = 11,5$,

amplituda względna $\frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\text{śr.}}} = 4,2$.

Ogólnie biorąc większe przepływy obserwowano w okresie zimy (XI—IV), a średni przepływ dla tego okresu wynosił 2,12 m³/s. Okres wiosenny charakteryzował się wysokimi przepływami, jednakże były one niższe od średnich z lat 1975—1980 (ryc. 2). Odpływ jednostkowy w badanym okresie wynosił 5,25 l/s/km². Udział zasilania podziemnego w dorzeczu Wolicy w 1981 r. wynosił 71% całkowitego odpływu. Jest to wartość zbliżona do średniego wskaźnika zasilania podziemnego rzek Wyżyny Lubelskiej.

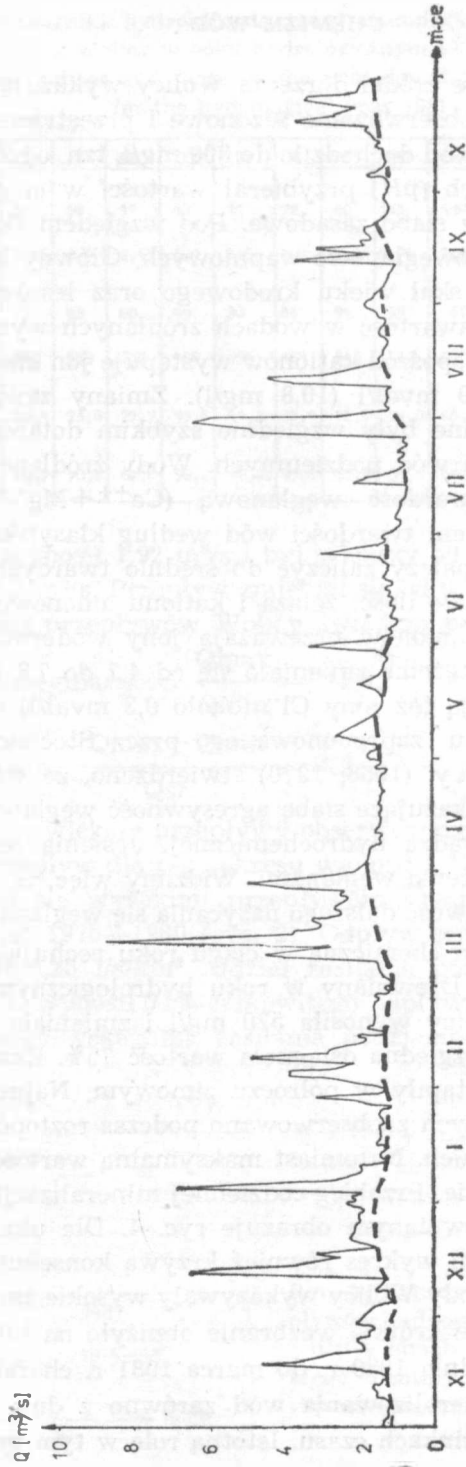


Ryc. 2. Wykres średnich miesięcznych odpływów jednostkowych w dorzeczu Wolicy w latach 1975—1980 oraz w 1981 r.
Mean monthly unit run-off from Wolica river-basin for the years 1975—1980 and 1981

CHEMIZM WÓD

Wody pochodzące ze źródeł dorzecza Wolicy wykazują średnią mineralizację 510 mg/l. Zaobserwowane sezonowe i przestrzenne różnicowanie mineralizacji tych wód dochodziło do 300 mg/l, tzn. od 294 do 591 mg/l. Odczyn wód źródłanych (*pH*) przybierał wartości w ciągu roku powyżej 7, są to więc wody słabo zasadowe. Pod względem składu jonowego wody należą do wodorowęglanowo-wapniowych. Główny kation — wapń pochodzi z ługowania skał wieku kredowego oraz lessów zasobnych w CaCO_3 . Średnia jego zawartość w wodach źródłanych wynosi 4,9 mval/l, tj. 98 mg/l. Obok niego spośród kationów występuje jon magnezowy Mg^{++} o średnim stężeniu 0,9 mval/l (10,8 mg/l). Zmiany zawartości wapnia i magnezu spowodowane były względnie szybkim dotarciem wód infiltracyjnych do poziomu wód podziemnych. Wody źródlane dorzecza Wolicy mają średnią twardość węglanową ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$) 5,8 mval/l (290 mg/l). Pod względem twardości wód według klasyfikacji P a z d r y (1977) wody źródlane należy zaliczyć do średnio twardych. Badania Sanepidu wskazują na małe ilości żelaza i kationu amonowego. W wodach wspomnianych wśród anionów przeważają jony wodorowęglanowe i w badanym okresie ich stężenie zmieniało się od 4,7 do 7,8 mval/l. W małych ilościach występują też jony Cl^- (około 0,3 mval/l) oraz siarczany. Korzystając z diagramu zaproponowanego przez Stochonzkoy—Muxart w modyfikacji P u l i n y (1968, 1970) stwierdzono, że większość źródeł wiosną miało wody wykazujące słabą agresywność węglanową bądź znajdowały się w równowadze hydrochemicznej. Jesienią natomiast wody wykazywały stan nasycenia węglanami. Widzimy więc, że wody źródlane mają ograniczoną możliwość dalszego nasycania się węglanami.

Większą zmiennością chemiczną w ciągu roku cechują się wody Wolicy. W profilu Orłów Drewniany w roku hydrologicznym 1981 średnia mineralizacja wód Wolicy wynosiła 520 mg/l i zmieniała się od 290 do 680 mg/l. Zmienność względna osiągnęła wartość 75%. Ekstremalne wartości mineralizacji wystąpiły w półroczu zimowym. Najmniejsze zmineralizowanie wód rzecznych zaobserwowano podczas roztopów wiosennych (marzec) i wezbrań letnich. Natomiast maksymalną wartość mineralizacji zanotowano w listopadzie. Przebieg codziennej mineralizacji ogólnej wody Wolicy w Orłowie Drewnianym obrazuje ryc. 4. Dla ukazania trendów zmian naniesiono na ten wykres również krzywą konsekwentną mineralizacji. W listopadzie wody Wolicy wykazywały wysokie zmineralizowanie rzędu 600 mg/l. Jedynie krótkie wezbranie obniżyło na kilka dni zasolenie wód. Okres od grudnia 1980 r. do marca 1981 r. charakteryzował się dużą zmiennością zmineralizowania wód zarówno z dnia na dzień, jak i w nieco dłuższych odcinkach czasu. Istotną rolę w tym procesie odegrał



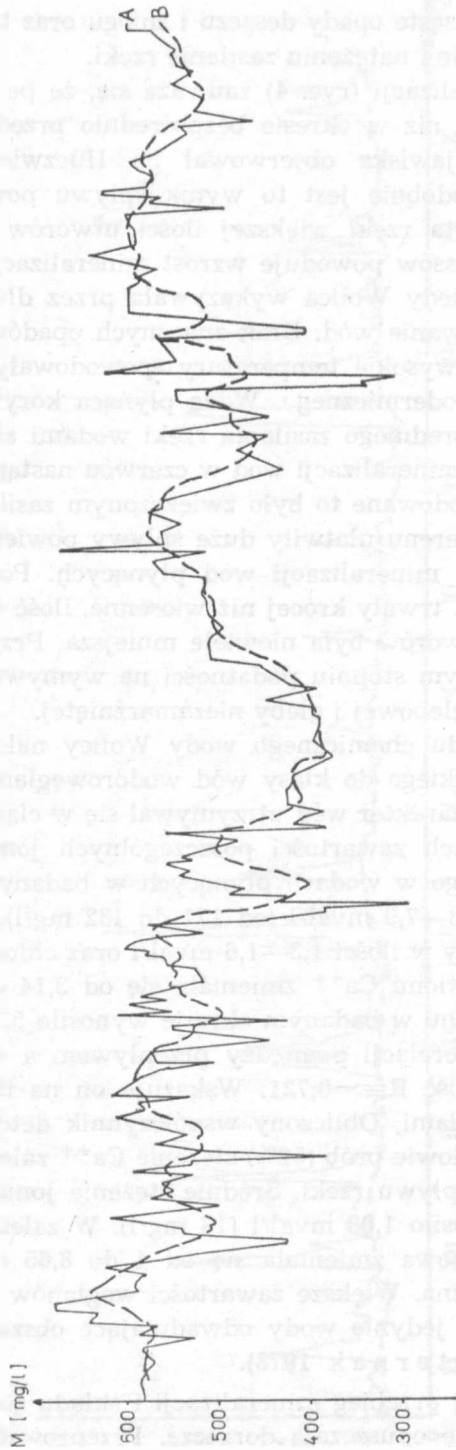
Ryc. 3. Wykres przepływów codziennych Wolicy w Orłowie Drewnianym w 1981 r.
Daily flow of Wolica in Orłów Drewniany for the hydrological year 1981

czynnik klimatyczny. Częste opady deszczu i śniegu oraz topnienie powodowały zmienne w czasie i natężeniu zasilanie rzeki.

W przebiegu mineralizacji (ryc. 4) zauważa się, że po wezbraniu mineralizacja jest wyższa niż w okresie bezpośrednio przed wystąpieniem wezbrania. Podobne zjawiska obserwował na Huczwie Z a w a d z k i (1957, 1964). Prawdopodobnie jest to wynik spływu powierzchniowego i dostarczenie do koryta rzeki większej ilości utworów deluwialnych. Szczególnie obecność lessów powoduje wzrost mineralizacji wody. Kwiecień i maj to okres, kiedy Wolica wykazywała przez długi stosunkowo czas niskie zmineralizowanie wód. Brak znacznych opadów, utrzymujące się przez dłuższy czas wysokie temperatury spowodowały całkowite zatrzymanie odpływu hipodermicznego. Woda płynąca korytem pochodziła ze źródeł oraz z bezpośredniego zasilania rzeki wodami aluwialnymi. Po krótkim podwyższeniu mineralizacji wód w czerwcu nastąpił okres trzech dużych wezbrań. Spowodowane to było zwiększonym zasilaniem deszczowym. Znaczne spadki terenu ułatwiły duże spływy powierzchniowe, a w związku z tym spadek mineralizacji wód płynących. Pomimo tego, że wezbrania letnie 1981 r. trwały krócej niż wiosenne, ilość substancji unoszonych w postaci roztworów była niewiele mniejsza. Przyczyn tego należy upatrywać w różnym stopniu podatności na wymywanie chemiczne zamrożonej pokrywy glebowej i gleby niezamrożonej.

Pod względem składu chemicznego wody Wolicy należą w podziale Szczukariewa—Prikłońskiego do klasy wód wodorowęglanowo-siarczanowo-wapniowych. Ten charakter wód utrzymywał się w ciągu całego roku, przy pewnych wahaniach zawartości poszczególnych jonów. Zawartość jonu wodorowęglanowego w wodach płynących w badanym okresie wahała się w granicach 2,8—7,0 mval/l (od 171 do 482 mg/l). Spośród anionów występują siarczany w ilości 1,3—1,6 mval/l oraz chlorki 0,34 mval/l. Zawartość głównego kationu Ca^{++} zmieniała się od 3,14 do 7,36 mval/l. Średnie stężenie tego jonu w badanym okresie wynosiło 5,32 mval/l. Wyliczony współczynnik korelacji pomiędzy przepływem a stężeniem jonu wapniowego miał wartość $R = -0,721$. Wskazuje on na istotny związek pomiędzy tymi wartościami. Obliczony współczynnik determinacji (R^2) wykazał, że w ponad połowie prób (52%) stężenie Ca^{++} zależało odwrotnie proporcjonalnie od przepływu rzeki. Średnie stężenie jonu magnezowego w wodach Wolicy wynosiło 1,08 mval/l (13 mg/l). W zależności od przepływu twardość węglanowa zmieniała się od 4 do 8,65 mval/l. Jest to więc wartość dość znaczna. Większe zawartości węglanów w wodach obszarów lessowych mają jedynie wody odwadniające obszary zbudowane ze skał gipsowych (P a s t e r n a k 1978).

· Przedstawiony wyżej przebieg mineralizacji i składu chemicznego dotyczy wód Wolicy, które opuszczają dorzecze. Przeprowadzone badania,



Ryc. 4. A — wykres codziennej mineralizacji wody Wolicy w Orłowie Drzewnianym w 1981 r. (temp. 10°C); B — krzywa sekutywna mineralizacji

A — daily Wolica water mineralization in Orłów Drzewniany for the year 1981 (temp. 10°C); B — consecutive mineralization curve

obejmujące główne dopływy Wolicy, w celu zaobserwowania kształtowania się mineralizacji wód wykazały, że w okresach bezdeszczowych rzeki prowadzą wodę o mineralizacji zbliżonej do wód źródłanych. Sama Wolica na całym odcinku prowadzi wody o wyrównanym zmineralizowaniu. Porównawcze badania kilku rzek Wyżyny Lubelskiej wykazały, że Wolica odznacza się wyraźnie większą mineralizacją wód od pozostałych badanych rzek. Równie wysokie wartości mineralizacji cechują wody Wojsławki. Rzeka ta położona jest bezpośrednio na północ od omawianego dorzecza i również pokryta jest miększą warstwą lessów. Podobne różnice stwierdził w badaniach Zawadzki (1964). Przypuszczać należy, iż decydującym czynnikiem podwyższającym „naturalne chemiczne zanieczyszczenie” rzek jest miększa pokrywa lessowa. W pokrywie tej wzrasta w kierunku południowo-wschodnim zawartość węglanów (Maruszczak 1972). Podobną tendencję obserwuje się przy ilości rozpuszczonych substancji w rzekach.

Również wartości mineralizacji oraz twardość wód Wolicy są wyższe od cytowanych w literaturze dla Wieprza (Jaworska 1968). Są też one równe lub nieco wyższe od wartości podawanych dla wód Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (Oleksynowa 1966, Tłałka 1967). Ze względu na dużą twardość oraz naturalne zanieczyszczenia biologiczne wody Wolicy zaliczane są do II klasy czystości. W okresach gruntowego zasilania rzeka prowadzi nieraz wody I klasy czystości. W dorzeczu istnieją dwie gorzelnie, które w okresie kampanijnym dostarczają ciekom nieco zawiesiny, ale ilość substancji rozpuszczonych nie ulega zasadniczym zmianom.

DENUDACJA CHEMICZNA

Ocenę ilościową denudacji chemicznej w dorzeczu Wolicy przeprowadzono metodą hydrometryczną. Wartości mineralizacji wód (M_1) wyliczono wg Jancza (1983). Wskaźnik jednostkowej denudacji chemicznej obliczono ze wzorów:

$$D_t = \frac{86,4 \cdot 10^{-6}}{P} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i M_1}{\omega} \quad (2)$$

$$D_m = \frac{D_t}{\gamma_0} \quad (3)$$

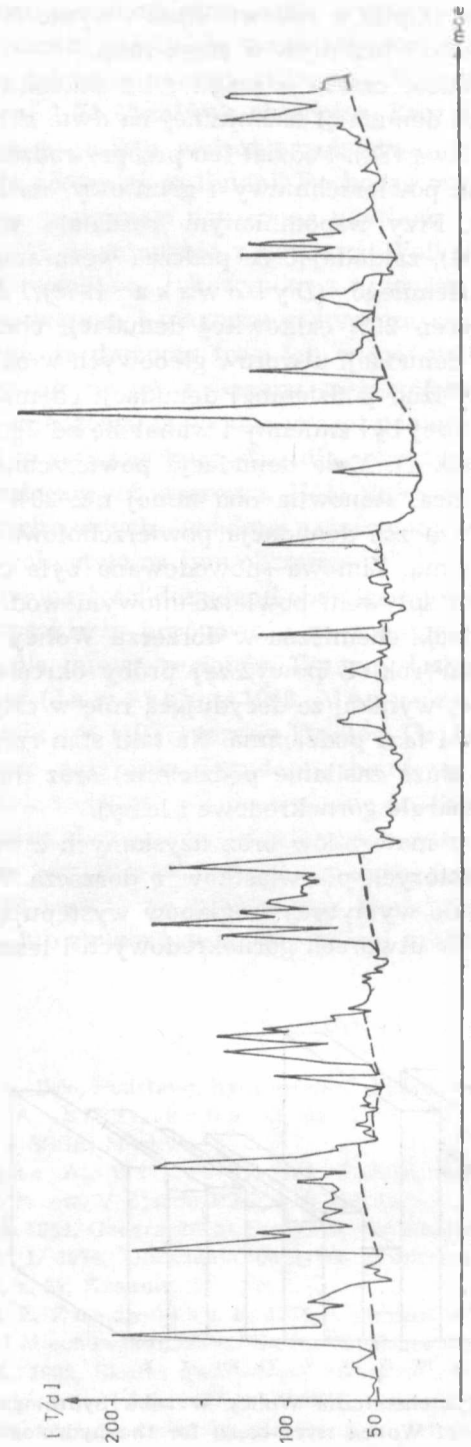
gdzie: D_t — denudacja chemiczna $t/km^2/rok$, D_m — denudacja chemiczna — $mm/1000$ lat, Q_i — przepływ codzienny m^3/s , M_1 — mineralizacja wód opuszczających dorzecze przy przepływie Q_i mg/l , P — powierzchnia dorzecza km^2 , γ_0 — ciężar objętościowy materiału unoszonego g/cm^3 .

W przeciwieństwie do innych dotychczas używanych wzorów zasto-

sowano ciężar objętościowy, dla którego przyjęto wartość średnią równą $1,65 \text{ g/cm}^3$. Wyliczono, że jednostkowa denudacja chemiczna dorzecza Wolicy w roku hydrologicznym 1981 wynosiła $66,7 \text{ t/km}^2/\text{rok}$, co odpowiada wskaźnikowi denudacji około $40 \text{ mm}/1000 \text{ lat}$.

Charakteryzując poszczególne okresy badanego roku stwierdzić należy, że w okresie od listopada do kwietnia z dorzecza Wolicy zostało wyniesione w postaci roztworów ponad 60% masy zdenudowanej chemicznie w ciągu całego roku. Podobne wartości podają Alekin i Błażnikowa (1964) dla dorzeczy położonych w zachodniej części ZSRR. Natężenie denudacji w poszczególnych miesiącach ilustruje ryc. 6. W okresie od listopada do lutego ilość materiału wyniesionego z dorzecza Wolicy w postaci roztworów była dość wyrównana (około 2,2—2,3 tys. t na miesiąc). Jedynie w grudniu natężenie denudacji chemicznej wzrosło do 2,5 tys. t. W marcu proces wymywania chemicznego z dorzecza osiągnął największe wartości w roku i wynosił około 3000 t. Powodem tego był zwiększony odpływ z dorzecza, który w tym miesiącu osiągnął najwyższe wartości dla roku. W miesiącu kwietniu nastąpiło raptowne obniżenie denudacji chemicznej do 1200 t. Jest to minimalna wartość denudacji chemicznej dla wszystkich miesięcy badanego roku. Przyczyn należy upatrywać w bardzo małych opadach. Z tych dwóch miesięcy o skrajnych wartościach w ciągu roku widzimy, że decydującym czynnikiem kształtującym denudację chemiczną jest odpływ z dorzecza. Od miesiąca maja obserwowano powolny wzrost ilości wymywanych chemicznie substancji z dorzecza. W czerwcu i wrześniu nastąpiły małe obniżenia w miesięcznym ładunku denudacji chemicznej.

Codzienny transport materiału w postaci roztworów w Wolicy w profilu Orłów Drewniany prezentuje ryc. 5. Zwiększone denudowanie chemiczne obserwuje się w okresach wezbrań na rzece. Należy również zauważyć, że przebieg unoszenia chemicznego w swoim kształcie przypomina wykres codziennych przepływów w ciągu roku. Przy wezbraniach z półroczia zimowego obserwuje się dłuższe okresy zwiększonej denudacji chemicznej. W półroczu tym możemy wyróżnić cztery większe „wezbrania denudacyjne”. Podczas tych wezbrań istnieją dwie lub więcej kulminacje „fali denudacyjnej”. Natomiast latem notowane były krótkie okresy wzmożonego denudowania o dużych wahaniami unoszenia chemicznego. Fakt ten wynika z szybkich zmian przepływu Wolicy, spowodowanych dużym zasilaniem powierzchniowym. Średnio w ciągu doby Wolica wynosiła w postaci roztworów poza obręb zlewni $66,7 \text{ t}$ ładunku. Największe dzienne unoszenie chemiczne wystąpiło 31 lipca 1981 r., gdy Wolica wyniosła z dorzecza 253 t ładunku. Wysokie wartości dobowe notowano w listopadzie, grudniu, styczniu i marcu. Najmniejsze wymywania chemicz-

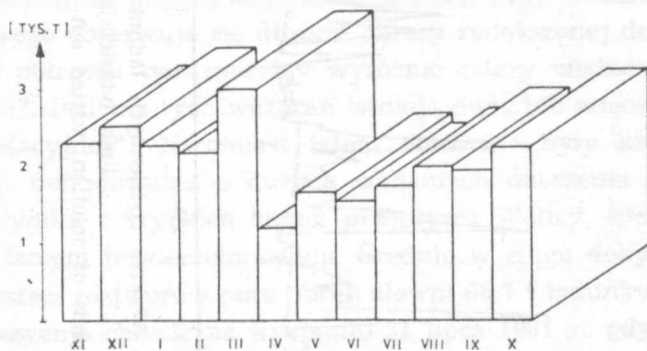


Ryc. 5. Wykres codziennych ładunków roztworów wynoszonych przez Wolicę w roku hydrologicznym 1981 (linia ciągła);
 linia oddzielająca denudację podziemną od powierzchniowej (linia przerywana)
 Daily loads of solution carried out by Wolica in 1981 (continuous line), the line separating surface denudation from under-
 ground one (interrupted line)

ne z dorzecza w 1981 r. wystąpiło w połowie lipca i wynosiło 26,2 t/dobę, kiedy to występował najniższy przepływ w ciągu roku.

Badania wykonywane dość często w ciągu roku umożliwiły podjęcie próby rozdziału całkowitej denudacji chemicznej na dwie składowe: podziemną (D_p) i powierzchniową (D_s). Podział ten przeprowadzono, podobnie jak i rozdział odpływu na powierzchniowy i gruntowy, na hydrogramie codziennych przepływów. Przy wspomnianym rozdziale wykorzystano metodę (K i c i ń s k i 1964), zakładając że podczas wezbrania obserwuje się wzrost zasilania podziemnego (D y n o w s k a 1970). Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń 29% całkowitej denudacji chemicznej pochodzi z powierzchniowej denudacji utworów glebowych w okresach spływów powierzchniowych. Udział podziemnej denudacji chemicznej w całkowitej denudacji miesięcznej był zmienny i wahał się od 56,2% w marcu do 99,98% w kwietniu (tab. 1). Mała denudacja powierzchniowa występowała od kwietnia do lipca, stanowiła ona mniej niż 20% całości wymywania chemicznego. Duża zaś denudacja powierzchniowa ponad 60%, zaznaczyła się jesienią i zimą. Zimowa spowodowana była częstymi odwilżami oraz intensywnym spływem powierzchniowym wód. Powierzchniowa jednostkowa denudacja chemiczna w dorzeczu Wolicy w badanym okresie wynosiła 19,7 t/km²/rok. Z powyższej próby określania składowych denudacji chemicznej wynika, że decydującą rolę w całym procesie w dorzeczu Wolicy odgrywa faza podziemna. Na taki stan rzeczy wpłynął zapewne reżim odpływu (duże zasilanie podziemne) oraz duża rozpuszczalność chemiczna skał (margle górnokredowe i lessy).

Korzystając z własnych materiałów oraz uzyskanych z innych instytucji obliczono erozję niektórych pierwiastków z dorzecza Wolicy. Najwięcej (53 t/km²/rok) zostało wymytych węglanów występujących w stosunkowo dużych ilościach w utworach górnokredowych i lessach. Równie



Ryc. 6. Miesięczna denudacja chemiczna Wolicy w roku hydrologicznym 1981
Monthly chemical denudation of Wolica river-basin for the hydrological year 1981

wysokie uniesienie chemiczne rzeką wykazywały siarczany ($13,6 \text{ t/km}^2/\text{rok}$). Przypuszczać należy, że część tej wartości jest pochodzenia antropogenicznego (głównie nawozy sztuczne). W ciągu 1981 r. zostało wymytych ze zlewni $1,94 \text{ t/km}^2/\text{rok}$ chlorków. Erozja chemiczna dorzecza jest bardzo ważna z punktu widzenia rolnictwa. Wymywane są pierwiastki niezbędne dla produkcji roślinnej. Pochodzą one z utworów podłoża skalnego, jak i ze sztucznego nawożenia użytków rolnych. Dlatego też wyliczono całkowite wymywanie z dorzecza Wolicy trzech pierwiastków interesujących rolnictwo. Jak wynika z przeprowadzonych wyliczeń, ilości wymywanego wapnia i magnezu z dorzecza są stosunkowo wysokie. Należy zauważyć, że dorzecze traci ich więcej w wyniku erozji chemicznej niż zużywają do swoich procesów metabolicznych rośliny. Stosunkowo niskie wartości ługowania wykazuje azot pobierany prawie w całości przez rośliny. Jest to sytuacja korzystna dla rolnictwa, jak i dla stanu czystości wód powierzchniowych dorzecza. Małe ilości związków azotowych w wodach powierzchniowych świadczą o znikomej eutrofizacji wód spowodowanej przez rolnictwo na tym obszarze.

Otrzymane wartości denudacji chemicznej w dorzeczu Wolicy w 1981 r. są bardzo wysokie w porównaniu ze znanymi z literatury wartościami, obliczonymi dla innych regionów Wyżyny Lubelskiej oraz Roztocza i innych okresów (Jaworska 1968, Maruszczyk 1979). Według klasyfikacji Puliny (1977) tereny Działów Grabowieckich wykazują przeciętnie średnie natężenie denudacji chemicznej około $25 \text{ mm}/1000 \text{ lat}$, a więc znacznie mniejsze niż stwierdzono w 1981 r. Różnice w uzyskanych wynikach badań tłumaczą się odmiennymi sytuacjami wodnymi. Rok 1981 odznaczał się wyjątkowo dużymi opadami i rekordowymi odpływami. Można przeto sądzić, że wymywanie chemiczne osiągnęło w tym roku maksymalną lub zbliżoną do maksymalnej wielkość.

LITERATURA

- Alekin O. A. 1956, Podstawy hydrochemii. Warszawa.
- Alekin O. A., Błażnikowa O. M. 1964, Stok rastworiennych wieszczestw s territorii SSSR. Moskwa.
- Chałubińska A., Wilgat T. 1954, Podział fizjograficzny województwa lubelskiego. Przew. V Zjazdu PTG, s. 3—14, Lublin.
- Davis W. M. 1954, Geographical Essays Dover Reprint. New York.
- Dynowska I. 1974, Obliczenia odpływu gruntowego metodą Natermana. Zesz. Nauk. UJ, z. 37, Kraków.
- Dynowska I., Zbadyńska E. 1974, Chemizm wód gruntowych Wyżyny Krakowskiej i Miechowskiej. Zesz. Nauk. UJ. Prace Geogr. 37, Kraków.
- Górnjak A. 1982, Skutki gwałtownej ulewy w okolicach Krasnego na Działach Grabowieckich. [w:] Prace SKNG UMCS, Lublin.
- Jahn A. 1956, Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd. Prace IG PAN, 7.

- Janiec B., Badania denudacji chemicznej metodą konduktometryczną (w druku).
- Jaworska M. 1968, Erozja chemiczna i denudacja zlewni rzek Wieprza i Pilicy. Prace PIHM, z. 5, Warszawa.
- Kasperek J. 1963, Stosunki wodne w dorzeczu Wolicy. Maszynopis, Arch. Zakładu Hydrografii UMCS, Lublin.
- Markowicz M., Pulina M. 1979, Ilościowa półmikroanaliza chemiczna wód w obszarach krasu węglanowego. Prace Nauk. Uniw. Śląskiego, nr 289, Katowice.
- Maruszczak H. 1966, Zjawiska krasowe w skałach górnokredowych międzyrzecza Wisły i Bugu. Typ krasu kredy piszącej. Przegl. Geogr. t. 38, z. 3, s. 339—370.
- Maruszczak H. 1972, Podstawowe cechy genetyczne i stratygraficzne lessów Polski południowo-wschodniej. [w:] Przewod. Symp. Kraj. „Litologia i stratygrafia lessów w Polsce”, s. 89—136, Warszawa.
- Maruszczak H., Częstochovska E., Gajewska J. 1972, Denudacja mechaniczna i chemiczna w dorzeczu Ciemięgi na Wyżynie Lubelskiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 222, Warszawa.
- Monografia hydrologiczna Wieprza. 1957, Prace PTHM 43, Warszawa.
- Nowacka M. 1970, Wezbrania roztopowe Wieprza w Krasnymstawie. Praca doktorska, maszynopis. Arch. Zakłady Hydrografii UMCS, Lublin.
- Oleksynowa K. 1966, Materiały do poznania chemizmu wód Doliny Prądnika i Doliny Saspowskiej. Acta Hydrob. 8, 3—4.
- Pazdro Z. 1977, Hydrogeologia ogólna, Wyd. II, Warszawa.
- Pulina M. 1974, Denudacja chemiczna na obszarze krasu węglanowego. Prace Geogr. nr 105, Warszawa.
- Samborski A. 1981, Klimat województwa zamojskiego, maszynopis, Arch. Zakł. Klimatologii, UMCS, Lublin.
- Starmach K., Wróbel S., Pasternak K. 1978, Hydrologia, PWN, Warszawa.
- Tłałka A. 1967, Chemizm wody rzeki Rudawy i jego zmiany w ciągu roku. Przegl. Geogr. 39, 3, s. 550—576, Warszawa.
- Wilgat T. 1959, Z badań nad wodami podziemnymi Wyżyny Lubelskiej. Annales UMCS, sectio B, 12, 19, s. 221—241, Lublin.
- Wilgat T. 1968, Przeglądowa mapa hydrograficzna województwa lubelskiego, Annales UMCS, sectio B, 20, s. 223—242, Lublin.
- Zawadzki S. 1964, Udział wód w kształtowaniu przemian gleb hydrogenicznych Lubelszczyzny. Biul. „Wiadomości IMUZ”, 14, Warszawa.

РЕЗЮМЕ

В работе представлены химический состав воды Волицы и интенсивность процессов химической денудации в гидрологическом году 1981. Бассейн Волицы в большинстве покрыт лесами мощностью до 20 м, которые залегают на верхне-меловых отложениях. Исследованное время отличалось высокими атмосферными осадками, значительно превышающими среднее многолетние. Сток из бассейна был тоже высокий. Химический состав поверхностных вод изменялся в течение года и был связанный с интенсивностью атмосферного осадка в бассейне. Эти воды — класса гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевых слабощелочные. Главные ионы: Ca^{++} (106 мг/л), Mg^{++} (13 мг/л), HCO_3^- (395 мг/л), SO_4^- (70 мг/л). Средняя минерализация речных вод достигает 520 мг/л (290—680 мг/л).

Химическая денудация в течение года 1981 для бассейна р. Волицы составляла 40,4 мм/1000 лет (66,7 км³/год). В работе сделана попытка подразделения химической денудации на подземную и поверхностную, которые для года соответственно составляют: 47 т/км²/год, 19,7 т/км²/год. Полученные показатели химической денудации для бассейна р. Волицы следует поместить среди самых высоких показателей для возвышенных районов Польши и они были вызваны рекордно высоким стоком из бассейна.

SUMMARY

In this paper chemical composition of Wolica river water and the intensity of the chemical denudation during hydrological year 1981 are presented. Wolica river-basin is covered mostly with the loess, up to 20 m thickness, placed on the Upper Cretaceous deposits. The examined period was characterized by high precipitation, exceeding the average values from many years. The run-off from Wolica river-basin was also very large. The chemical composition of the surface waters was changing during the year and it was related to the intensity of the atmospheric support of the river-basin. These waters belong to the class of hydrocarbon — sulfate-calcium waters with slightly alkaline pH. The prevalent ions are: Ca⁺⁺ (106 mg/l), Mg⁺⁺ (13 mg/l), HCO₃⁻ (395 mg/l), SO₄⁻⁻ (70 mg/l). The average mineralization rate of the river waters was 520 mg/l (290—680 mg/l).

Chemical denudation during the year 1981 for Wolica river-basin was 40,4 mm/1000 years (66.7 t/km² year). In this study the attempt was made to separate the chemical denudation to underground and surface ones, which were calculated as 47 t/km² year and 19.7 t/km² year, respectively. The obtained chemical denudation indexes for Wolica river-basin appeared to be one of the greatest for the upland regions of Poland. They were caused by extremely high run-off from the basin.

