ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994

Seria: MATEMATYKA-FIZYKA z.71 GEOCHRONOMETRIA nr 10 Nr kol.1229

Leszek STARKEL

Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Kraków

CZĘSTOTLIWOŚĆ POWODZI W HOLOCENIE W ŚWIETLE METOD SEDYMENTOLOGICZNYCH, GEOMORFOLOGICZNYCH I DATOWAŃ BEZWZGLĘDNYCH (DORZECZE GÓRNEJ WISŁY)

Streszczenie. Autor analizuje przydatność informacji uzyskiwanych na podstawie badań sedymentologicznych i geomorfologicznych do rekonstrukcji wezbrań w okresie holocenu. Na podstawie przeprowadzonej analizy skonstruowany został syntetyczny diagram zawierajacy informacje o częstotliwości powodzi i datowanych fazach powodziowych w holocenie w dorzeczu górnej Wisły.

FLOOD FREQUENCY DURING THE HOLOCENE RECONSTRUCTED ON BASIS OF SEDIMENTOLOGIC, GEOMORPHOLOGIC AND ABSOLUTE DATING METHODS (UPPER VISTULA BASIN)

Summary. Author presents detailed discussion of data available from sedimentologic and geomorphologic studies and their significance for reconstruction of frequency of floods during the Holocene. A synthetic diagram based on critical analysis of available informaton shows frequency of floods in the upper Vistula basin.

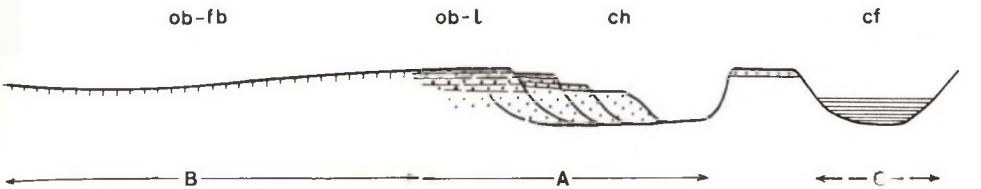
ЧАСТОТА РЕЧНЫХ ИЗБРАНИЙ ЗА ВРЕМЯ АНТРОПОГЕНА НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И АБСОЛЮТНЫХ ДАТИРОВОК

Резюме. Автор представляет детальный анализ результатов седиментологических и геоморфологических исследований и рассматривает их применимость для реконструкции речных избраний за время антропогена. На основе критического анализа доступных данных автор приводит синтетический диаграм частоты избраний в бассеийне горной Вислы.

W ostatnich 20 latach rozwinęły się w różnych strefach klimatycznych badania pozwalające przy zastosowaniu prostych lub bardziej wyrafinowanych metod określić wielkość i częstotliwość wezbrań w przeszłości i ocenić ogólnie lub bardziej dokładnie ich wiek bezwzględny. Czasem jest możliwa identyfikacja poszczególnych powodzi, w innych przypadkach jedynie tendencji do wzrostu lub spadku ich częstotliwości.

METODY SEDYMENTOLOGICZNE

Zapis powodzi znajdujemy w różnych facjach aluwiów (Gregory, Maizels, 1991). W osadach korytowych, obok bruków erozyjnych, można rozpoznać osady gruboklastyczne złożone w czasie pojedynczych wezbrań w obszarach suchych lub w przypadku katastrofalnych (w skali geologicznej) wezbrań, osady te budują niekiedy dotąd zachowane formy (Baker, 1983; Costa, 1986). Najlepszy zapis szeregu następujących po sobie wezbrań występuje w strefie przykorytowej (rys. 1). Do nich należą tzw. slack-water deposits (Baker, 1983) czy też warstwy żwirowe rejestrowane w wałach przykorytowych (levee - Knox, 1985). W tej strefie są to często nakładające się warstwy z kolejnych wezbrań przy czym składają się one z trzech nadległych członów opisanych przez Klimka (1974): spągowej warstwy drobnoziarnistej, bezstrukturalnej, deponowanej na porośniętej glebie, środkowej bardziej gruboziarnistej z wyraźnym warstwowaniem poziomym, przekątnym czy ripple-markami i stropowej ponownie drobnoziarnistej z fazy opadania fali powodziowej. Takie profile 1-2 metrowe rejestrują wezbrania dla krótkich odcinków czasowych (do 100 - 200 lat), zapis urywa się w momencie bocznych migracji koryta lub tak znacznego nadbudowania wału (lub równiny), że pozostaje on poza zasięgiem częstszych powodzi. Na równinie zalewowej, na ogół dalej od koryta i na stożkach napływowych rejestracja nie jest już tak pełna, o zmianie częstotliwości wezbrań mówi na ogół zmiana typu osadu, a jedynie katastrofalne wezbrania mogą być zidentyfikowane jako pojedyncze warstewki. Zmiana na osad gruboziarnisty lub przykrycie osadów organicznych madami oznacza wzrost częstotliwości powodzi (Starkel, 1983; Ralska-Jasiewiczowa, 1988).



Rys. 1. Powodzie zarejestrowane w różnych facjach osadów: korytowych (ch), przykorytowych wałów brzegowych (ob-1), obniżeń równin zalewowych (ob-fb) i wypełnień paleokoryt (cf). A - strefa rejestracji częstych wezbrań, B -strefa długotrwałych faz wezbraniowych, C - opuszczone koryta

Fig. 1. Floods recorded in various facies of sediments: channel (ch), near-channel dykes (ob-1), flood terraces (ob-fb) and paleochannel fillings (cf). A - zone with records of frequent floods, B - zone with records of long-lasting series of floods, C - abandoned channels

Odwrotnie, o zakończeniu fazy wezbrań świadczy gwałtowna zmiana na osad drobnoziarnisty (poza facją wałów przykorytowych), występowanie poziomów wietrzenia z glebami kopalnymi i warstwami torfu. Większa miąższość osadu (ponad 0.5 m) i równoczesne występowanie warstwowań wskazuje, że nie jest to osad jednego zdarzenia, a powodzie występowały po sobie w krótkich odcinkach czasu (co kilka lub kilkanaście lat) tak, że procesy glebowe nie były w stanie zatrzeć pierwotnej laminacji.

Dodatkowym wskaźnikiem istnienia okresów większych wezbrań są na ogół występujące w strefie osadów łach korytowych i w wypełnieniach paleokoryt liczne pnie drzew skorelowane ze sobą za pomocą metody dendrochronologicznej (Becker, 1982). Niekiedy noszą one ślady uszkodzeń świadczących o pochodzie lodów w czasie wezbrań roztopowych (por. Krąpiec, 1991).

W dolinach, w których wytrąca się martwica wapienna, jej ciągłość sedymentacji przerywana jest przez duże wezbrania, którym odpowiadają przerwy erozyjne lub poziomu otoczaków martwicowych (Szulc, 1986).

METODY GEOMORFOLOGICZNE

W dolinach klimatu umiarkowanego najlepszymi wskaźnikami występowania wielkich pojedynczych wezbrań lub częściej ich serii są odcięcia zakoli, przerzuty koryt (pojedynczych zakoli lub całych systemów), półki erozyjne utworzone przez aktywną erozję boczną (zachowane na ogół w formie kopalnej) i towarzyszące przemieszczeniom koryt powstanie nowych systemów paleokoryt o innych parametrach, na ogół dopasowujących się później do innej częstotliwości wezbrań (Starkel, 1983; Baumgart-Kotarba, 1985). Takim fazom powodziowym towarzyszy włożenie w nowe rynny osadów korytowych, które oddzielone są od starszych często złomem erozyjnym. Zmniejszenie się wielkości wezbrań i transportu rumowiska może doprowadzić do włożenia w stare duże zakole krętej rynny o mniejszych parametrach (Szumański, 1986).

METODY DATOWANIA

Najpewniejszych danych o powodziach przekraczających brzegi koryt w ostatnich 200 latach dostarczją osady przykorytowe z zarejestrowanymi warstwami poszczgólnych wezbrań, złożone na budowlach regulujących lub w strefach dawnego położenia koryta, zarejestrowanego na starych mapach (Klimek, 1974; Starkel, 1981). Osady powodziowe mogą być też składane na dobrze datowanych poziomach kulturowych (Radwański, 1972).

Datowania metodą radiowęgla pozwalają określić w osadach równiny zalewowej z poziomami organicznymi czas występowania fazy powodzi (zwykle jej początku lub końca) lub pojedynczego wezbrania z dokładnością nie większą od 10^2 lat. Natomiast na ogół nie pozwalają nic powiedzieć o mniejszych odstępach czasu pomiędzy zarejestrowanymi w osadach poszczególnymi epizodami wezbraniowymi. Datowane metodą C-14 pnie drzew w przypadku większego nagromadzenia pni sugerują występowanie licznych wezbrań.

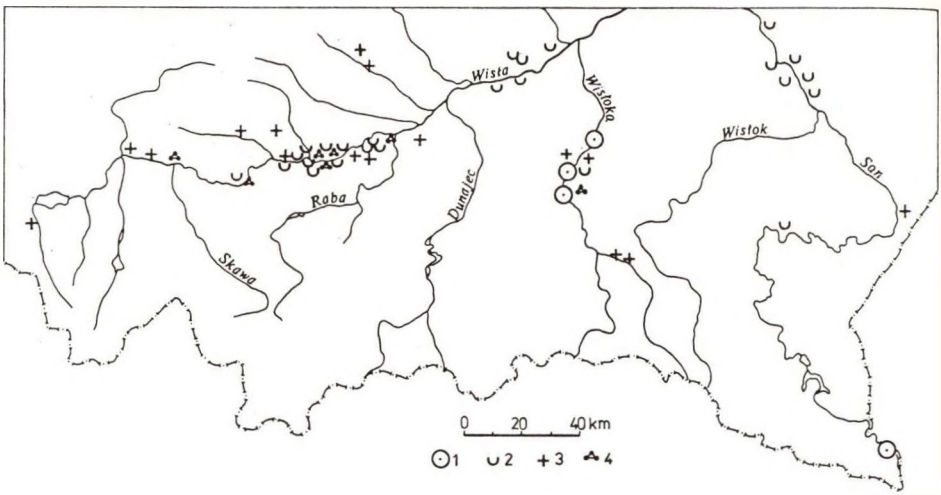
Najbardziej dokładnie plasującą w czasie wiek obumarcia i pierwszego złożenia pni czarnego dębu jest metoda dendrochronologiczna (Becker, 1982). Nie wiemy, jak wielkie było wezbranie, ale spotkanie w serii skorelowanych dzięki zachowaniu warstwy bielastej pni kilku drzew powalonych w czasie

jednego-dwóch lat wskazuje na katastrofalne wezbranie, a pował szeregu kolejnych pni w ciągu 100 czy 200 lat, przy ich braku w stuleciach sąsiednich, na serię wezbrań powodującą przyspieszoną migrację boczną koryta. Z kolei podobny czas rośnięcia drzew na równinie świadczy, że nie była ona modelowana w tym okresie przez katastrofalne powodzie. Natomiast mogły one występować w przypadku, gdy początek rośnięcia całej skorelowanej grupy drzew okazuje się identyczny (por. Becker, 1982; Krąpiec, 1991). Analiza słoi drzew pozwala również na uchwycenie uszkodzeń wywołanych pochodem kry. Ich częste występowanie w jakimś okresie może być interpretowane jako występowanie powodzi roztopowych - zatorowych.

OKRES POWODZI W DORZECZU GÓRNEJ WISŁY

Zebrane w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych dane geologiczne, geomorfologiczne i datowanie bezwzględne z doliny górnej Wisły i jej dopływów, szczególnie w ramach programu IGCP-158, pozwalają ocenić stan naszej wiedzy o częstotliwości wezbrań i uzupełnić obraz prezentowany przez autora w latach ubiegłych (Starkel, 1983, 1984, 1990; Ralska-Jasiewiczowa, Starkel, 1988). Nowych danych dostarczyły szczególnie prace w odcinku doliny Wisły niżej Krakowa, sprzężone z datowaniami dendrochronologicznymi (Kalicki, 1991; Kalicki, Krąpiec, 1991 a,b; Krąpiec, 1991; Starkel et al, 1991).

Generalnie jednak dokładność zebranych informacji można ocenić jako przeciętną, daleko jej do precyzji uzyskiwanej w kanionach skalnych innych stref klimatycznych przy badaniu "slack water deposits" (Baker, 1983). W kilku przypadkach odtworzono rytm wydarzeń w osadach (Niedziałkowska et al, 1977; Starkel, 1984; Klimek, 1974), częściej zarejestrowano i skorelowano początek i schyłek faz powodziowych przez zmianę facji (lub granulometrii) osadów, przerzuty i zmiany parametrów koryt, nagromadzenie pni drzew. Zarejestrowane w osadach i formach powodzie mogą być różnej wielkości. Osady rytmitów skalnych na brzegach koryt, często na opuszczonych łachach, mogą w fazie początkowej reprezentować nawet 1-2-letnie wezbrania. Na równinę zalewową, jak obserwujemy to w ostatnim stuleciu, wychodzą jedynie wody wezbrań o powtarzalności raz na 10 lat lub niższej.



Rys. 2. Ważniejsze stanowiska rejestrujące duże powodzie lub okresy o większej częstotliwości powodzi. 1 - serie pojedynczych wezbrań zarejestrowanych w osadach, 2 - opuszczone paleokoryta, 3 - nagłe zmiany składu mechanicznego osadu, 4 - fazy powałów drzew zarejestrowane metodą dendrochronologiczną

Fig. 2. Selected important sites with records of large-scale floods or periods with high frequency of floods. 1 - series of single floods recorded in sediments, 2 - abandoned paleochannels, 3 - rapid changes of mechanical composition of sediment, 4 - phases of trees fell-down recorded by dendrochronologic methods

W warunkach naturalnych, przed intensywną ingerencją człowieka w zlewni (okres kultury łużyckiej, okres rzymski) tylko takie duże wezbrania mogły złożyć na równinie niewielkie ilości mad. Aby powstała cała warstwa, potrzeba było wielu takich wezbrań. Natomiast aby doszło do transformacji parametrów koryta lub tym bardziej przerzutu koryta, niezbędne było nie jedno, a szereg katastrofalnych wezbrań o powtarzalności rzędu 1% lub mniejszej.

Rysunek 3 prezentuje stan informacji o czasie występowania i częstotliwości powodzi w dorzeczu górnej Wisły w okresie ostatnich 11 tysięcy lat.

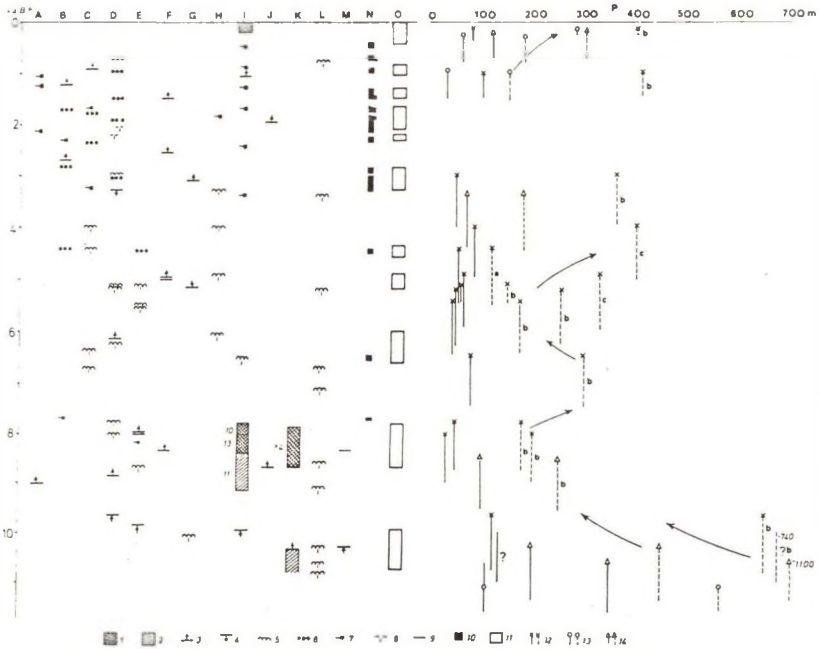
Wypełnienie wielkich paleomeandrów w młodszym driasie i na początku okresu preborealnego i równoczesna zmiana w facji równiny zalewowej na sedymentację organiczną wskazuje na zmniejszanie się gwałtowności i częstotliwości wezbrań między 10,300 a 9900 lat BP (Starkel, 1991).

Ponowne ożywienie wezbrań notujemy w czasie od 8700 - 8400 lat BP, w szczególnych przypadkach - np. stożka potoku w Podgrodziu nad Wisłoką - policzono w jednym tylko profilu 23 wezbrania na odcinku 600 lat (rys. 4), a w Tarnawie nad Sanem 4-5 wezbrań (Ralska-Jasiewiczowa, Starkel, 1972). Równocześnie częste są zmiany osadów pozakorytowych z organicznych na mineralne, przerzuty koryt oraz pierwsze powały czarnych dębów. Kalicki (1991) wykazał, że paleokoryta atlantyckie Wisły mają szerokość i promienie krzywizny większe od opuszczonych w czasie przerzutów około 8000 lat BP.

Kolejna faza przerzutów koryt zarejestrowana została 6500-6000 lat. Ale bardziej drastyczne wezbrania nastąpiły dopiero około 5200 - 5000 lat BP, gdy dokonały się liczne przerzuty koryt. Nie było to jedno wielkie wezbranie, ale szereg narastających powodzi prowadzących już 300-400 lat wcześniej do ścinania zakoli i wyprostowywania koryta, zanim jeszcze nastąpił przerzut w lesie Grobla (Gębica, Starkel, 1987; Starkel et al, 1991). Koryta młodsze od opuszczonych wówczas mają znowu większe parametry.

Kalicki (1991) wyraża pogląd, że około 4500 - 4400 lat BP wystąpiła oddzielna faza o wyższej częstotliwości wezbrań. Potwierdzałyby to powały czarnych dębów w opuszczonych korytach w innych odcinkach doliny Wisły (Krąpiec, 1991). Kolejna faza powodzi 3300-2850 lat BP rejestrowana jest w powałach czarnych dębów i opuszczonych korytach (Kalicki, Krąpiec, 1991b).

Interpretacja danych dla ostatnich 2400 lat staje się niezmiernie trudna wraz ze wzrostem ingerencji człowieka, a szczególnie z początkiem wyrębu lasów w dnach dolin, stwierdzonym od I do II wieku AD (Kalicki, Starkel, 1987). Pokłady pni często obrobionych ręką człowieka nie zawsze muszą być interpretawane jako wzrost częstotliwości powodzi. Równoczesnie przeciążenie rumowiskiem rzek powoduje agradację, nadbudowanie zarówno równiny zalewowej, jak i podnoszenie dna samych koryt (Klimek, Starkel, 1974). Ale oznacza to



Rys. 3. Informacje o częstotliwości powodzi i datowanych fazach powodziowych w holocenie w dorzeczu górnej Wisły. Objaśnienia w tekście

Fig. 3. Available information on flood frequency and well-dated flood phases during the Holocene in the upper Vistula basin. Explanations in text

równocześnie dużą częstotliwość wezbrań, które w obszarach wylesionych są częstsze i gwałtowniejsze (Soja, 1977). Biorąc pod uwagę zarówno zmiany facjalne, położenie koryt, tendencje do agradacji lub erozji oraz powały drzew, możemy w dolinie Wisły i jej dopływów mówić o bardzo wyraźnych powodziach okresu rzymskiego (2100 - 1700 BP), fazie wczesnośredniowiecznej (od 1500 BP) i dobrze udokumentowanych powodziach XI wieku (por. Starkel, 1977; Awsiuk et al, 1980; Rutkowski, Starkel, 1989; Kalicki, 1991; Krąpiec, 1991). W XVI - XVIII stuleciach pogłębianie i równoległe dziczenie koryt świadczy o częstszych powodziach, co potwierdzają też zapiski historyczne (Mikulski, 1963; Rojecki, 1965) i stare mapy (Szumański, 1977). Z XVIII i XIX wieku pochodzą też profile osadów przykorytowych z zarejestrowanymi seriami wezbrań wykazujących częstotliwość podobną do wcześniejszej (Soja, Mrozek, [w:] Starkel, 1990).

Zawarte na rysunku 3 informacje obejmują dane z najważniejszych stanowisk badanych w ostatnich latach. Poszczególne kolumny przedstawiają stanowiska:

A. Dolina Wisły koło Drogomyśla (wg Niedziałkowska et al, 1985),

B. Dolina Wisły koło Oświęcimia i Zatora (Klimek, 1987; Krąpiec, 1991),

C. Wisła w Bramie Krakowskiej (Rutkowski, 1987; Krąpiec, 1991),

D. Wisła poniżej Krakowa (Kalicki, 1991; Krąpiec, 1991),

E. Wisła koło Grobli (Gębica, Starkel, 1987; Starkel et al, 1991),

F. Doliny Rudawy i Prądnika (Rutkowski, 1991; Alexandrowicz, 1988),

G. Dolina Nidzicy (Śnieszko, 1985),

H. Wisła koło Szczucina (Sokołowski, 1987),

I. Dolina Wisłoki koło Dębicy (Niedziałkowska et al, 1977; Klimek, 1974; Starkel, (red.), 1981; Krąpiec, 1991),

J. Dolina Jasiółki (Wójcik, 1987),

K. Dolina górnego Sanu (Ralska-Jasiewiczowa, 1989),

L. Dolina dolnego Sanu (Szumański, 1986),

M. Inne stanowiska pojedyncze,

N. Główne fazy powału dębów (wg Krąpca, 1991),

O. Główne fazy o większej częstotliwości powodzi,

P. Parametry opuszczonych paleokoryt: szerokości i promienie krzywizn - poniżej poziomu datowanego odcinek rzędu 1000 lat oznacza prawdopodobny czas tworzenia koryta o zachowanych parametrach.

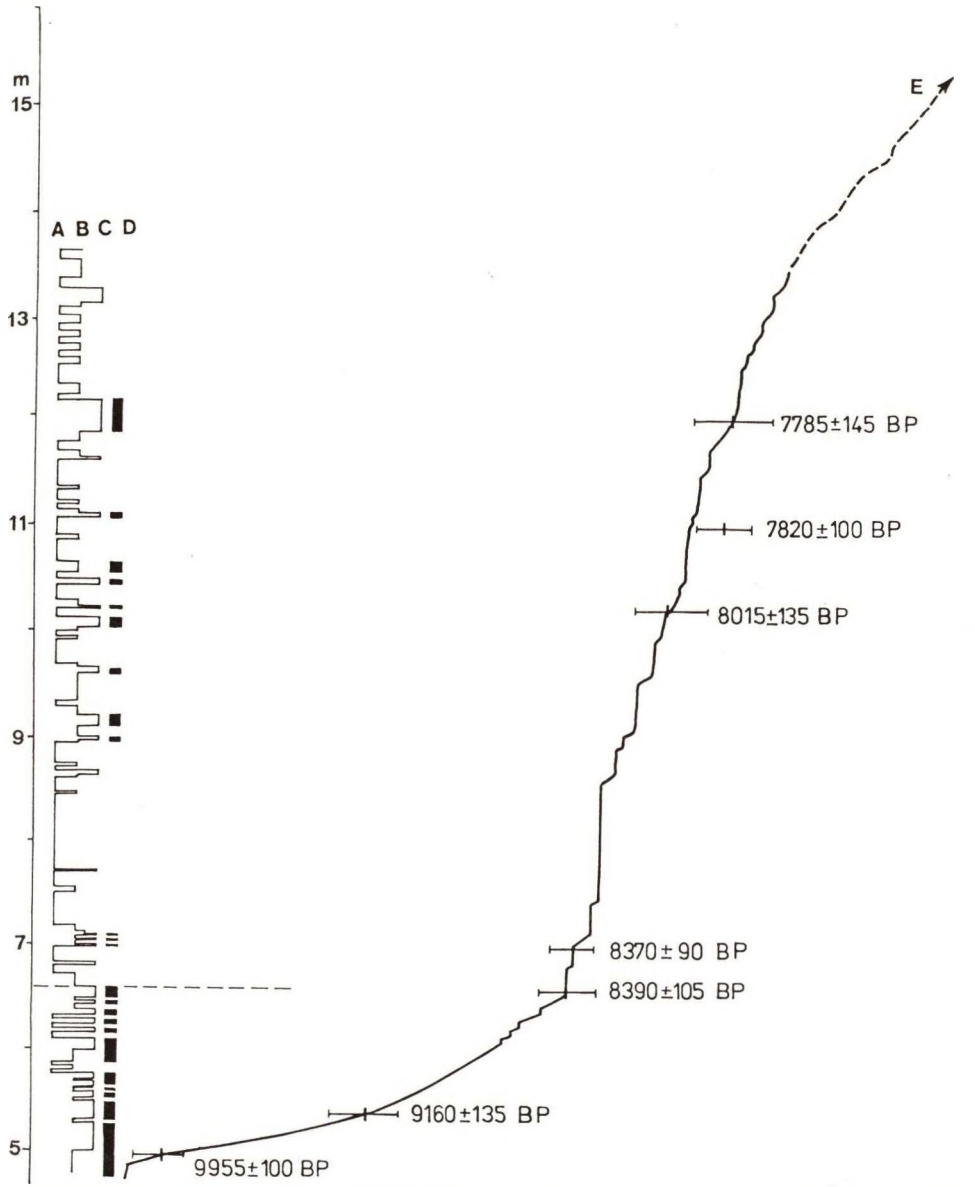
Pozostałe oznaczenia na rysunku 3 obejmują: 1. okresy zarejestrowanych bardzo częstych wezbrań (cyfra podaje ilość zidentyfikowanych wezbrań), 2. inne okresy zarejestrowanych wezbrań, 3. początek okresu wezbrań (zmiany litologii osadu) 4. koniec okresu wezbrań, 5. daty opuszczenia (przerzut) koryta, 6. okres powału pni, 7. pojedyncze pnie datujące wezbrania, 8. fazy wkroczenia drzew na równinę zalewową, 9. pojedyncze wezbrania, 10. fazy powału drzew, 11. okresy dużej częstotliwości wezbrań, 12-14. parametry paleokoryt: 12. Wisły, 13. Wisłoki, 14. Sanu. a- paleokoryta Wisły powyżej Krakowa, b- między Krakowem a ujściem Dunajca, c- poniżej ujścia Dunajca.

UWAGI KOŃCOWE

Charakterystyka częstotliwości powodzi w holocenie w dorzeczu górnej Wisły opiera się na bardzo ubogich materiałach dotyczących konkretnych wezbrań. Natomiast istnieje możliwość interpretacji zmian długofalowych w przebiegu sedymentacji i erozji, w położeniu i parametrach koryt oraz w występowaniu czarnych dębów z punktu widzenia częstotliwości wezbrań w holocenie. Dane te, niegdyś bardzo fragmentaryczne, posłużyły na początku lat osiemdziesiątych (Starkel, 1983) do postawienia hipotezy o istnieniu w holocenie faz o większej częstotliwości powodzi (oddzielonych fazami stabilnymi), odpowiedzialnych za transformację koryt i tworzenie nowych włożeń aluwialnych w dnach dolin dorzecza górnej Wisły. Hipoteza ta znalazła swe potwierdzenie w coraz to nowszych wynikach badań w dolinie Wisły (por. np. Starkel, 1990; Kalicki, 1991; Krąpiec, 1991).

Wydzielone okresy wydają się dobrze korelować z wahaniami lodowców i fazami ruchów masowych w górach Europy (Starkel, 1985), z akumulacją i rozcinaniem martwic wapiennych w dolinkach Wyżyny Krakowskiej (Pazdur et al, 1988) i ze zmianami szaty roślinnej i wód gruntowych (Ralska-Jasiewiczowa, 1989). Wiele znaków zapytania budzi nadal oddzielenie roli zmian klimatu (fazy wilgotniejsze, z większą ilością powodzi) od roli ingerencji człowieka w występowanie serii wezbrań prowadzących w efekcie do transformacji systemu fluwialnego.

W warunkach stabilnego koryta pionowy, nawet bardzo szczegółowy zapis serii wezbrań, może okazać się niepełny. W przypadku "slack - water - deposits" (Baker, 1983) i wałów przykorytowych (por. Klimek. 1974), każde kolejne wezbranie, aby mogło być zarejestrowane w osadzie, musi być albo większe, by wyjść na stale podnoszoną agradacyjnie równinę albo może być rejestrowane w formie szczątkowej przez osad coraz bardziej drobnoziarnisty. Tak powstają ogniwa "rytmitów" na równinach aluwialnych, oddzielające typowe osady korytowe od pozakorytowych (por. Klimek, 1974). Również osady stożków napływowych nie zawierają pełnej rejestracji osadów (por. rys. 4) - wody kopalnych



Rys. 4. Stanowisko osadów stożka napływowego w Podgrodziu rejestrujące serię wezbrań (wg Niedziałkowska et al, 1977; Starkel, 1984). 1 - poziomy piaszczyste, d - poziomy silnie organiczne, e - krzywa kulminacyjna sedymentacji w czasie

Fig. 4. Site with sediments of alluvial cone in Podegrodzie with record of series of floods (after Niedziałkowska et al, 1977); Starkel, 1984). 1 - sandy levels, d - levels rich in organic matter, e - line showing culmination of sedimentation

wezbrań wykorzystują różne strefy stożka, czego najlepszym dowodem są poziomy inicjalnych gleb na stożku w Podgrodziu (Niedziałkowska et al, 1977).

Dlatego aby uniknąć pomyłek, wydaje się niezbędne, zarówno w przypadku badania pojedynczych paleopowodzi, jak i serii wezbrań w dnach dolin strefy umiarkowanej, prześledzenie zmian, jakie następowały synchronicznie w strefie korytowej i pozakorytowej oraz skorelowanie ich ze sobą.

LITERATURA

Alexandrowicz S. W., 1988, The stratigraphy and malacofauna of the Holocene sediments of the Prądnik river valley; Bull. Acad. Pol. Sci., Earth Sci., t. 36, s. 109-120.

Awsiuk R., Niedziałkowska E., Pazdur A., Pazdur M. F., Starkel L., Walanus A., 1980, Preliminary results of studies on the age of the Holocene alluvia at the left bank of the Wisłoka river near Dębica; Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, t. 14, s. 33-42.

Baker V. R., 1973, Paleohydrology and sedimentology of Lake Missouia flooding in eastern Washington; Geol. Soc. America, Spec. Paper 114, s. 79.

Baker V. R., 1983, Paleoflood hydrological analysis from slack-water deposits; Quaternary Studies in Poland, t. 4, s. 19-24.

Baumgart-Kotarba M., 1984, Kształtowanie koryt i teras rzecznych w warunkach zróżnicowanych ruchów tektonicznych (na przykładzie wschodniego Podhala); Prace Geograficzne IGiPZ PAN, s. 1-133.

Becker B., 1982, Dendrochronologie und Palaeoökologie subfossiler Baumstümme aus Flussablagerungen, ein Beitrag zur nacheiszeitlichen Auenetwicklung im sudlichen Mitteleuropa, Mitt. Kommission Quartarforschung, Osterreich. Akad. Wiss, t. 5, 120s.

Costa J. E., 1978, Colorado Big Tyompson flood: Geologic evidence of a rare hydrologic event; Geology, t. 6, s. 617-620.

Gębica P., Starkel L., 1987, The evolution of the Vistula river valley at the northern margin of the Niepołomice Forest during last 15000 year; [in:] Evolution of the Vistula river valley at the last 15000 years, Part II, Geographical Studies, Special Issue 4, s. 71-86.

Kalicki T., 1991, The evolution of the Vistula river valley between Cracow and Niepołomice in Late Vistulian and Holocene times; [in:] Evolution of the Vistula river valley during the last 15000 years; Part IV, Geographical Studies, Special Issue 6, s. 11-37.

Kalicki T., Krąpiec M., 1991a, Black oaks and subatlantic alluvia of the Vistula in Branice - Stryjów near Cracow; [in:] Evolution of the Vistula river Valley during the last 15000 years, Part IV, Geographical Studies, Special Issue 6, s. 39-61.

Kalicki T., Krąpiec M., 1991b, Subboreal black oaks identified form the Vistula alluvia at Grabie near Cracow (South Poland); Geologia, t. 17, s. 155-171.

Kalicki T., Starkel L., 1987 The evolution of the Vistula river valley downstream of Cracow during last 15000 year [in:] Evolution of the Vistula river Valley during the last 15000 years, Part II, Geographical Studies, Special Issue 4, s. 13-29.

Knox J. C., 1983, Responses of river systems to Holocene climates;[in:] Late-Quaternary Environment of the United States, t. 2, The Holocene, H. E. Wright Jr. (Ed); University of Minnesota Press.

Krąpiec M., (w druku), Skale dendrochronologiczne późnego holocenu Polski; Geologia, Wyd. AGH.

Niedziałkowska E., Gilot E., Pazdur M. F., Szczepanek K., 1985, The evolution of the Upper Vistula valley in the region of Drogomyśl in the upper Vistulian and Holocene; Folia Quaternaria, t. 56, s. 101-132.

Niedziałkowska E., Skubisz A., Starkel L., 1977, Lithology of the Eo - and Meso - holocene alluvia in Podgrodzie upon Wisłoka river; Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, t. 11, s. 89-100.

Pazdur A., Pazdur M. F., Starkel L., Szulc J., 1988, Stable isotopes of the Holocene calcareous tufa in south Poland as paleoclimatic indicators; Quaternary Research, t. 30, s. 177-189.

Radwański K., 1972, Stosunki wodne wczesnośredniowiecznego Okołu w Krakowie, ich wpływ na topografię osadnictwa, próby powiązania tych zjawisk ze zmianami klimatycznymi; Materiały Archeologiczne, t. 13, s. 5-40.

Ralska-Jasiewiczowa M., (Ed.), 1989, Environmental changes recorded in lakes and mires of Poland during the last 13000 years, Part III, Acta Paleobotanica, t. 29, s. 1-120.

Ralska-Jasiewiczowa M., Starkel L., 1975, The basic problems of paleogeography of the Holocene in the Polish Carpathians; Biul. Geol. UW, t. 19, s. 27-44.

Ralska-Jasiewiczowa M., Starkel L., 1988, Resord of the hydrological changes during the holocene in the lake, mire and fluvial deposits of Poland; Folia Quaternaria, t. 57, s. 91-127.

Rutkowski J., 1987, Vistula river valley in the Cracow Gate during the Holocene; [in:] Evolution of the Vistula river valley during the last 15000 years, Part II, Geographical Studies, Special Issue 4, s. 31-50.

Rutkowski J., 1991, Holocen doliny dolnej Racławki; Geologia, t. 17, s. 173-190.

Rutkowski J., Starkel L., 1989, Wpływ gospodarki człowieka na procesy geologiczne w regionie krakowskim; Przegląd Geologiczny, Nr 6, s. 312-318.

Soja R., 1977, Deepending of channel in the light of the cross profile analysis (Carpathian river as example); Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, t. 11, s. 127-138.

Sokołowski T., 1987, Vistula valley between the outlets of Dunajec and Bren rivers; [in:] Evolution of the Vistulariver valley during the last 15000 years, Part II, Geographical Studies, Special Issue 4, s. 95-114.

Starkel L., (Ed.), 1981, The evolution of the Wisłoka valley near Dębica during the Late Glacial and Holocene; Folia Quaternaria, t. 53.

Starkel L., 1983, The reflection of hydrologic changes in the fluvial environment of the temperate zone during the last 15000 years, [in:] Background to Palaeohydrology, K. J. Gregory, J. Wiley, (Eds), s. 213-234.

Starkel L., 1984, The reflection of abrupt climatic changes in the relief and in the sequence of continental deposits; [in:] Climatic Changes on a Yearly to Millennial Basis; N. A. Moerner, W. Karlen, (Eds), Reidel, Dordrecht, s. 135-146.

Starkel L. (Ed.), 1991, Evolution of the Vistula river valley during the last 15000 years, Part III, Geographical Studies, Special Issue 5, 220s.

Starkel L., 1991, Environmental changes at the Younger Dryas-Preboreal transition and during the early Holocene; Holocene, t. 1, s. 234-242.

Starkel L., Gębica P., Niedziałkowska E., Podgórska-Tkacz A., 1991, Evolution of both the Vistula floodplain and lateglacial-early Holocene paleochannel system in the Grobla Forest (Sandomierz Basin); [in:] Evolution of the Vistula river valley during the last 15000 years, Part IV, Geographical Studies, Special Issue 6, s. 87-99.

Szulc J., 1986, Holocene travertine deposits of the Cracow Upland; [in:] IAS 7-th European Meeting, Excursion Guidebook, Wrocław, s. 185-189.

Szumański A., 1986, Postglacjalna ewolucja i mechanizm transfowmacji dna doliny dolnego Sanu; Geologia, t. 12.

Śnieżko Z., 1985, Paleogeographie de l'Holocene dans le bassin de la Sancigniówka; Acta Geogr. Univ. Lodz, t. 51.

Wójcik A., 1987, Lateglacial lacustrine sediments from Roztoka and Tarnowiec near Jasło; Acta Palaeobotanica, t. 27, s. 27-41.

Wpłynęło do Redakcji: 15 października 1992

Recenzent: Prof. dr hab. Bolesław Nowaczyk

Abstract

Author presents detailed discussion of data available from sedimentologic and geomorphologic studies of the following sites in the upper Vistula basin: Vistula valley near Drogomyśl, near Oświęcim and Zator, in Cracow Gate (Brama Krakowska), near Grobla and near Szczucin, valleys of Rudawa and Prądnik, valley of Nidzica, valley of Wisłoka near Dębica, and valleys of San and Jasiółka. The significance of available information for reconstruction of frequency of floods during the Holocene is presented. A synthetic diagram based on critical analysis of information obtained from the above mentioned studies is given. As an example a detailed discussion of the well-dated record from the profile in Podegrodzie covering the early Holocene is presented.