

Sedymentacja pozakorytowa aluwioów w strefie międzywała Wisły w Kotlinie Oświęcimskiej

Agnieszka Czajka*

Naturalne procesy erozji i sedymentacji zachodzące na równinie zalewowej Wisły w Kotlinie Oświęcimskiej zostały przerwane w XIX w. w momencie rozpoczęcia zabudowy hydrotechnicznej rzeki. Zmiany użytkowania ziemi w dorzeczu i zintensyfikowanie dostawy materiału do koryta oraz zwężenie równiny zalewowej poprzez zbudowanie wałów przeciwpowodziowych spowodowały zmianę sposobu sedymentacji aluwioów oraz wzrost tempa tego procesu. Miał węglowy obecny w osadach od I-szej połowy XIX w. może stanowić dobry wskaźnik wieku badanych osadów.

Słowa kluczowe: osady pozakorytowe, strefa międzywała, wał przykorytowy, łacha meandrowa, miał węglowy

Agnieszka Czajka — **Overbank sedimentation in interembankment zone of Vistula River in Oświęcim Basin (southern Poland).** Prz. Geol., 48: 263–267.

Summary. The natural processes of erosion and sedimentation at the Vistula River floodplain in Oświęcim Basin were interrupted in the 19th century. This was caused by hydrotechnical constructions, such as dams and embankments. Agricultural changes in the upper Vistula catchment caused intensification of soil erosion and an increase of transported debris. Embankment construction narrowed the floodplain. It changed the way of alluvial sedimentation. Coal dust which has occurred in sediment since the beginning of the 19th century is a good age indicator.

Key words: overbank deposits, interembankment zone, point bar, coal dust

W sąsiedztwie koryt rzecznych podczas przepływów ponad pełnokorytowych następuje proces narastania rytmicznie warstwowanych osadów pozakorytowych. Migracja boczna koryta powoduje ich późniejszą erozję. Osady te zachowują się jedynie w sprzyjających warunkach morfologicznych. W sąsiedztwie koryt ustabilizowanych, np. koryt skalnych lub w przypadku gdy brzeg porasta bardzo gęsta roślinność, narastanie osadów pozakorytowych następuje w tych samych miejscach i powoduje ich pionowy przyrost. Aluwia te są wyraźnie rytmicznie warstwowane, a kolejne warstwy odzwierciedlają kolejne wezbrania (Klimek, 1974). W dolinie Wisły w Kotlinie Oświęcimskiej rytmicznie warstwowane osady pozakorytowe stwierdzano już wcześniej (Macklin & Klimek, 1992).

W lipcu 1997 r. przez dolinę Wisły w Kotlinie Oświęcimskiej przeszła fala powodziowa o wysokości nie notowanej od sześćdziesięciu lat. Stworzyło to szansę do poznania sedimentologicznych skutków tak dużego wezbrania. Opracowanie przedstawia wyniki badań nad rolą dużego wezbrania w sedymentacji pozakorytovej w warunkach ograniczenia równiny zalewowej wałami przeciwpowodziowymi.

Temat realizowano w nawiązaniu do projektu KBN 6 PO4E 020 11.

Antropogeniczne zmiany warunków sedymentacji pozakorytovej

Wpływ człowieka na przebieg i stopień intensywności procesów fluwialnych w Polsce południowej zaznacza się od neolitu (5500 BC) wraz z rozwojem rolnictwa (Ralska-Jasiewiczowa, 1968). Naturalne funkcjonowanie dna doliny Wisły w Kotlinie Oświęcimskiej (ryc. 1a) było kontrolowane pośrednio lub bezpośrednio przez działalność gospodarza człowieka.

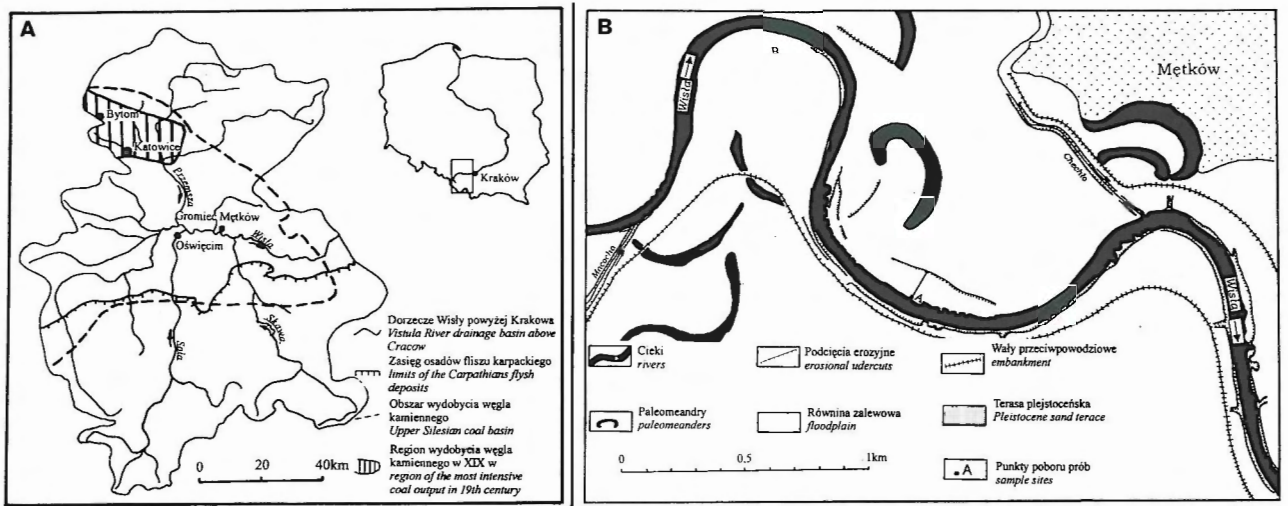
Okolo 3800 r. BC na obszarze dorzecza górnej Wisły zaznaczył się wyraźny rozwój kultur ludzkich (Kruk, 1987). Na przełomie III i IV tysiąclecia zasadniczym sposobem umożliwiającym zdobywanie nowych terenów pod uprawy było wypalanie lasów (Kruk, 1987). Zmiana zwartego drzewostanu na obszary użytkowane rolniczo, przy-

śpieszała wiosenne topnienie pokrywy śniegowej. Szybszy spływ wód opadowych po stokach zaowocował nasileniem erozji gleb. W korytach rzecznych procesy te znalazły odzwierciedlenie w postaci wzrostu amplitudy fal wezbraniowych (Klimek, 1988). Wzrosła ilość drobnego materiału mułkowo-ilastego dostarczanego do koryt rzecznych a pochodzącego z erozji gleb. Materiał ten był transportowany w formie unosin. Podczas powodzi osadzał się w postaci namulów powodziowych. Na szerokiej na 3 km równinie dna doliny Wisły utwory te mają słabo wyrażone struktury związane z przyrostami rocznymi. Nasilenie procesu erozji gleb w obszarach karpaccich nastąpiło w XIX w. wraz z rozwojem upraw roślin okopowych (Galarowski & Klimek, 1991). Ograniczenie dostawy materiału do rzek nastąpiło pod koniec lat czterdziestych XX w., kiedy wzrósł udział upraw roślin zbożowych, zielonek oraz zalesień. Zmalała ilość transportowanego przez Wisłę materiału, co spowodowało skierowanie jej energii na pogłębianie koryta (Łajczak, 1995).

W XIX w. rozpoczęła się powszechna regulacja koryt a później hydrotechniczna zabudowa dna doliny górnej Wisły i jej górskich dopływów, polegająca na umacnianiu brzegów koryt oraz wybudowaniu wałów przeciwpowodziowych. Następnym krokiem było utworzenie zbiorników retencyjnych. W 1936 r., w Porąbce uruchomiono zbiornik retencyjny na Sole — karpaccim dopływie Wisły, następnie w 1955 r. — zbiornik w Goczałkowicach na Wiśle oraz w 1967 r. — w Tresnej na Sole. W wyniku tych działań nastąpiła zmiana charakteru sedymentacji na równinie zalewowej Wisły. Pierwotnie, w warunkach braku wałów i zbiorników retencyjnych, wody wezbraniowe pokrywały cienką warstwą równinę zalewową, ograniczoną krawędzią terasy plejstocenijskiej. Energia przepływu była w związku z tym niewielka. Niska zdolność transportowa powodowała osadzanie warstw drobnoziarnistych namulów. Fale powodziowe miały łagodny i rozciągnięty w czasie przebieg. Odmierna była też morfologia dna doliny. Pokryte było ono licznymi, różnowiekowymi paleomeandrami, szczególnie w strefie wału przykorytovej. Pod krawędzią terasy plejstocenijskiej natomiast znajdowały się podmokłe baseny powodziowe (Klimek, 1988).

Istniejąca zabudowa hydrotechniczna dorzecza górnej Wisły ma duży wpływ na zachodzące tu procesy transportu

*Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; czajka@ultra.cto.us.edu.pl



Ryc. 1. Lokalizacja i ukształtowanie terenu badań: A — dorzecze górnej Wisły powyżej Bramy Krakowskiej (wg Rutkowskiego, 1986), B — Szkic geomorfologiczny fragmentu doliny Wisły na wysokości Mętkowa
 Fig. 1. Location and morphology of studied area: A — Vistula River drainage basin above Cracow (Rutkowski, 1986), B — Geomorphological sketch of part of Vistula River valley in Mętków

i sedimentacji aluwii. Zbiorniki retencyjne ograniczają dostawę zawiesiny do Wisły o ok. 25% (Łajczak, 1995). Ograniczenie aktywnej równiny zalewowej wałem przeciwpowodziowym do szerokości 600–800 m (ryc. 1b.) powoduje, że wody wezbraniowe są piętrowe w wąskiej strefie międzywału. Fale powodziowe charakteryzuje więc gwałtowny przebieg. Energia wód wezbraniowych wkraczających na równinę zalewową jest większa, wzrasta też jej kompetencja. Składane tutaj osady to piaski średnio- i drobnoziarniste. Ziarna frakcji mułkowej są osadzane w ostatniej fazie powodzi.

Innym efektem działalności gospodarczej człowieka w dorzeczu Wisły jest obecność w jej aluwkach miazgi węglowej dostarczanej z wodami Przemyszy. Rozwój przemysłu na Górnym Śląsku spowodował silne zanieczyszczenie wód Przemyszy ściekami komunalnymi i przemysłowymi. Gwałtowny rozwój górnictwa węgla kamiennego w dorzeczu Przemyszy nastąpił w XIX w. Wraz z wodami Przemyszy spływały do Wisły znaczne ilości

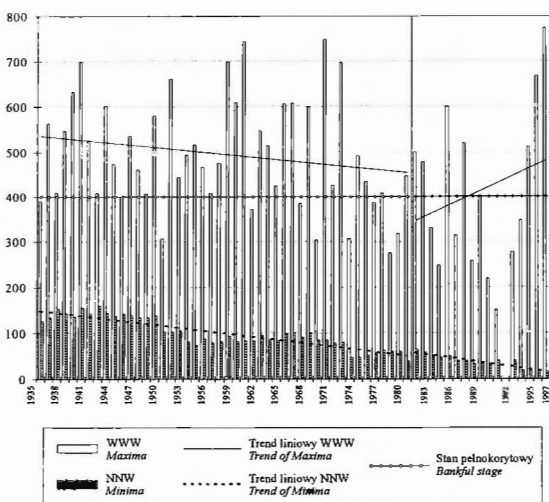
miazgi węglowej. Ponieważ węgiel ma mniejszy od kwarcu ciężar właściwy w okresie opadania fali wezbraniowej i zmniejszania prędkości przepływu, ziarna kwarcu są depozytowane wcześniej a ziarna miazgi węglowej opadają później (Rutkowski, 1986). Taki mechanizm powodował tworzenie się wyraźnych, ciemnych poziomów w aluwkach. W wyniku antropopresji zmianie uległ zatem również skład chemiczny aluwii (Klimek & Macklin, 1992).

Umocnione w okresie międzywojennym opaskami i ostrogami koryto Wisły zatraciło naturalną zdolność migracji bocznej charakterystyczną dla rzeki meandrującej (Matakiewicz & Rybczyński, 1926 [W:] Czaja i in., 1993). Zaznacza się natomiast tendencje do erozji wglębnej. Wnioskować to można analizując minimalne stany wód zarejestrowane na wodowskazie położonym 2 km powyżej badanych stanowisk (ryc. 2). Linia trendu prostoliniowego, wykreślona dla stanów minimalnych, wykazuje spadek, co — przy tym samym przepływie średnim wnoszącym 62,1 m³/s (Osuch, 1991) — może być efektem stopniowego obniżania się dna koryta. Budowa zbiorników retencyjnych w dorzeczu górnej Wisły nie wpłynęła znacząco na częstotliwość występowania stanów powodziowych na omawianym obszarze.

Przebieg sedimentacji powodziowej

W powtarzającym się cyklu zatapiania i wynurzania równiny zalewowej wyróżnia się cztery stadia: narastanie wezbrania, wezbranie wód aż do zalania całej szerokości równiny zalewowej, opróżnianie basenów zalewowych, wysychanie i modyfikacja nowoosadzonych sedimentów (Allen, 1977). Schemat ten powtórzył się w dolinie Wisły podczas powodzi w 1997 r. (ryc. 3). Obserwowana fala powodziowa miała charakter tzw. fali wielokrotnej, w tym wypadku podwójnej. Poziom wody Wisły sięgnął w omawianym przekroju 764 cm, tj. 500 cm ponad stany średnie. Strefa międzywału doliny Wisły znalazła się pod wodą przez 8 dni. Pokrywająca ją warstwa wody osiągnęła ponad 2 m miąższości. Wraz z powrotem stanu wód do sytuacji sprzed powodzi odsłoniły się nowopowstałe aluwia. W niektórych miejscach na równinie zalewowej ich miąższość osiągnęła 30 cm.

W celu zbadania tych i starszych osadów wykonano odsłonięcie w obrębie wąskiego stopnia terasy włożonej



Ryc. 2. Ekstremalne stany wód w wieloletniu 1935–1997 w dolinie Wisły w Kotlinie Oświęcimskiej. Wodowskazy Dwory/Gromiec (por. ryc. 1.)

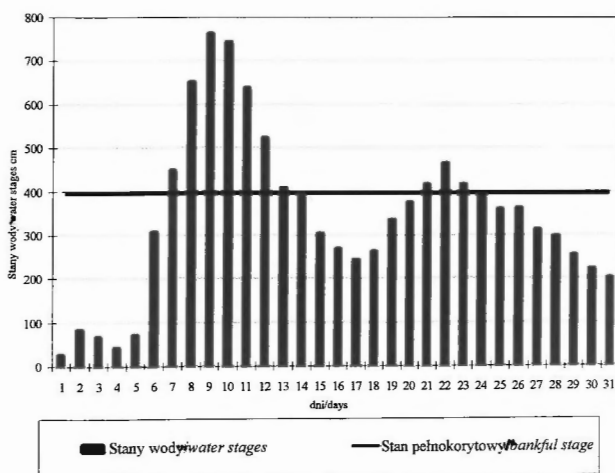
Fig. 2. The extreme water stages in years 1935–1997 in Vistula River valley, Oświęcim Basin. Water-gauge Dwory/Gromiec (see Fig. 1.)

wału przykorytowego, sięgającej ponad 3 m ponad średnią poziom wody (ryc. 1b). W wielu miejscach aluwia ostatniego wezbrania wyodrębniono na podstawie znajdującej się bezpośrednio pod nimi warstwy porośniętej jeszcze zieloną, nie rozłożoną roślinnością. Na głębokości 30–2 cm leżą piaski średnio- i gruboziarniste. Wierzchnia, cienka warstwa jest zbudowana z mułków (ryc. 5). Analiza sedymentologiczna aluwów zdeponowanych podczas powodzi w 1997 r. w stosunku do mikrorzeźby strefy międzywała umożliwiła rekonstrukcję przebiegu sedymentacji.

Istniejąca różnica prędkości płynięcia wody w korycie i ponad powierzchnią równiny powoduje depozycję osadów na granicy tych prędkości. Różnica ta zmienia się w poszczególnych stadiach powodzi. Pociąga to za sobą sedymentację osadów o różnej frakcji w kolejnych fazach powodzi. W ten sposób przebiega cykliczna nadbudowa wałów przykorytowych.

W pierwszej fazie narastania wezbrania wody wkraczają na równinę zalewową. Ponieważ jest ona ograniczona wałami przeciwpowodziowymi do ok. 800 m, woda ulega spiętrzeniu, a jej energia znacznie wzrasta. W drugiej fazie zalania równiny zalewowej, w strefie międzywała, pomiędzy łądkami roślin są składane piaski osadzone z zawiesiny. Podczas opadania fali powodziowej, kiedy energia wody ulega osłabieniu, są osadzone mułki oraz miał węglowy. W zagłębieniach terenu, w których po przejściu powodzi wciąż utrzymuje się woda, zachodzi powolne osadzanie najdrobniejszych frakcji (ryc. 6). Sekwencję osadów jednego wezbrania stanowi więc warstwa piasku przykryta warstwą mułku i miału węglowego. Mimo różnic genetycznych, jest to sekwencja charakterystyczna zarówno dla osadów wału przykorytowego, jak i dla aluwów pozostałej części równiny zalewowej. Korzenie roślinności kolonizującej równinę po powodzi mogą spowodować zniszczenie pierwotnej struktury osadów.

Analizowane osady, z których jest zbudowana równina zalewowa, były deponowane podczas kolejnych wezbrań po ustabilizowaniu i obwałowaniu koryta. Na podstawie danych z wodowskazów Dwory i Gromiec w latach 1935–1997 stwierdzono, że stan pełnokorytowy (400 cm) został przekroczony 43 razy. Wezbrania natomiast, podczas których woda występowała na równinę zalewową, wystąpiły 25 razy. Wezbrania te stwarzały okazję do sedymentacji pozakorytowej. Jednak nie każde wez-



Ryc. 3. Przebieg powodzi w lipcu 1997 r. na badanym odcinku Wisły, wodowskaz Gromiec. Zarejestrowana fala powodziowa ma charakter fali wielokrotnej

Fig. 3. Flood progress in July 1997 in area investigated, water-gauge Gromiec



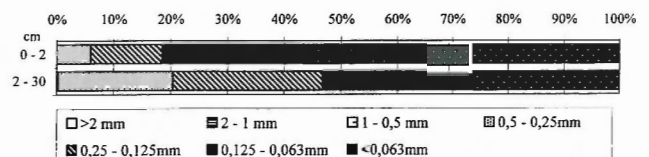
Ryc. 4. Odślonienie A ukazujące strukturę aluwów wału przykorytowego terasy włożonej. Miąższość warstw piaszczystych maleje w górę odsłonięcia

Fig. 4. Sample site A. Structure of river-side bank deposits. Thickness of deposits decreases in higher levels

branie zostało zarejestrowane w osadach. W odsłonięciach wykonanych w obrębie wału przykorytowego, w bezpośrednim sąsiedztwie koryta (ryc. 7) zaobserwowano ok. 30 sekwencji osadów odpowiadających wezbraniom (ryc. 4).

Struktura osadów równiny zalewowej

Odślonienia wykonano na wklęsłych brzegach koryta Wisły. Osady w odsłonięciu zlokalizowanym 12 km poniżej ujścia Przemszy do Wisły, na lewym, nadbudowywanym brzegu rzeki stanowią przykład struktury osadów tworzących wąską strefę przylegającą do starszych osadów równiny zalewowej. W spągu odsłonięcia na głębokości 300 cm leży słabo wysortowany osad łachy meandrowej (ryc. 9). Występują w nim zarówno żwiry o średnicy do 5 cm jak i ziarna frakcji pylastej. Na nich, na głębokości do 210 cm leżą warstwy piasków średnich z domieszką zarówno żwi-



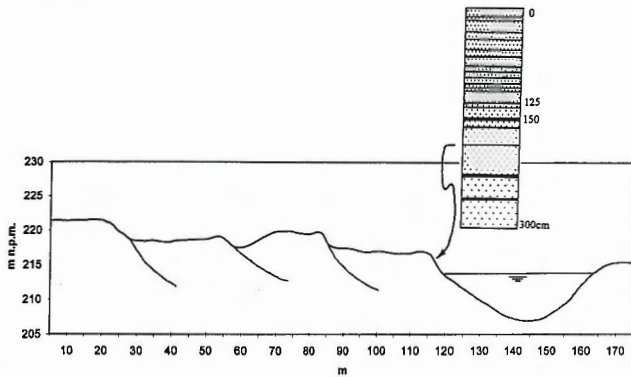
Ryc. 5. Granulometria osadów złożonych podczas ostatniego wezbrania, spoczywających na pokrywie darniowej

Fig. 5. Sediment profile. The last flood deposits covered the turf



Ryc. 6. Osady piaszczyste zdeponowane w zagłębieniu strefy międzywala równiny zalewowej Wisły w Mętłowie podczas powodzi w lipcu 1997 r. Na powierzchni osadów widoczne zmarszczki prądowe. Po ustąpieniu wody osady są kolonizowane przez roślinność

Fig. 6. Sandy deposits filled a depression in Vistula River floodplain in Mętłów during the flood in 1997. Ripple marks on the sand surface



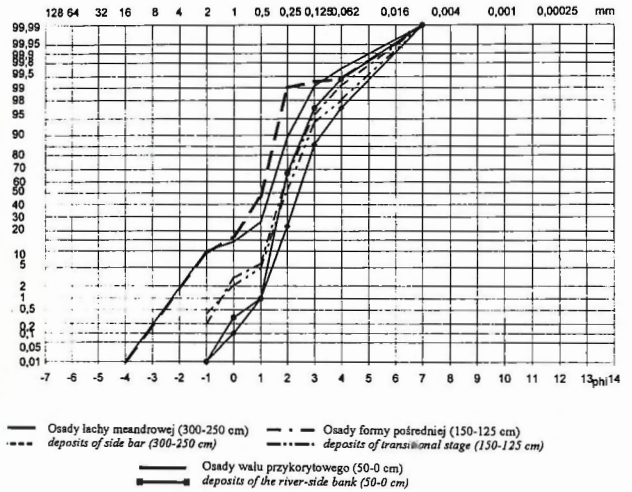
Ryc. 7. Przekrój fragmentu lewego brzegu Wisły w Mętłowie z lokalizacją miejsca poboru próbek

Fig. 7. Simplified cross-section of the left bank of Vistula River valley in Mętłów with sample site



Ryc. 8. Odślonienie ukazujące osady zdeponowane podczas powodzi w 1997 roku. Osad piaszczysty jest wyraźnie przewarstwiony laminami miazu węglowego (por. ryc. 5.)

Fig. 8. Sands deposited during the flood in 1997. Coal dust is concentrated in laminae (vide Fig. 5.)



Ryc. 9. Krzywe kumulacyjne dla wybranych osadów w odślonieniu A

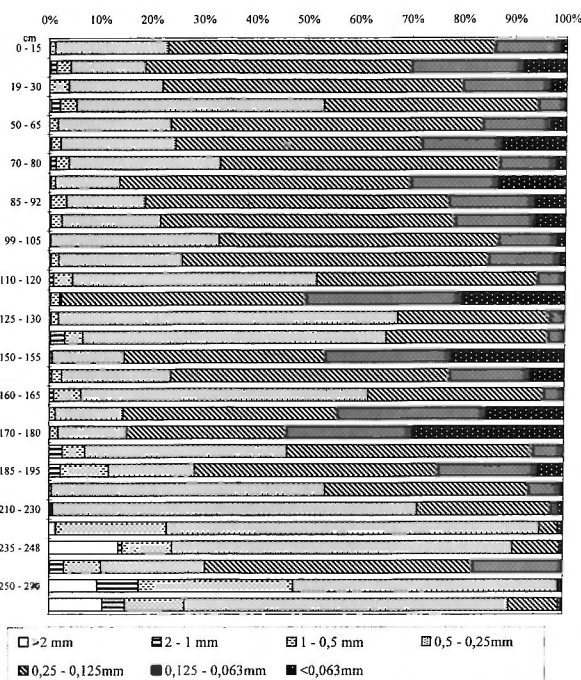
Fig. 9. Cumulative distributions of selected layers in site A

rów, jak i drobniejszej frakcji osadzanych podczas kolejnych wezbrań. Laminacja obecnych w nich warstw miazu węglowego uległa zaburzeniu wskutek sedymentacji na nierównej powierzchni. Wraz ze wzrostem wysokości wzrasta udział osadów drobnoziarnistych. Ostatnia mięszka warstwa piasków występuje na głębokości 150–125 cm. Składa się jednak z piasków drobniejszych i lepiej wysortowanych niż leżące poniżej. Warstwy piasków są oddzielone warstwami mułków. W górę profilu ziarna osadów są coraz drobniejsze.

Struktura osadów w górnej części odślonienia wskazuje na zmianę charakteru sedymentacji. Inicjalną formą badanych osadów była łacha meandrowa. Za twierdzeniem tym przemawia również kształt krzywej kumulacyjnej wykreślonej dla warstwy zdeponowanej na głębokości 300–210 cm (ryc. 9a, b). W dalszym ciągu procesu sedymentacji stanowiła ona formę pośrednią między łachą meandrową a wałem brzegowym (ryc. 9c, d), gdyż umocnione opaskami i ostrogami koryto Wisły nie miało możliwości migracji bocznej. Wskutek pogłębiania koryta i jednoczesnego przyrostu mięszkości osadów pozakorytowych brzegi Wisły na omawianym odcinku stawały się coraz wyższe. W tej sytuacji materiał mógł być deponowany podczas kolejnych wezbrań, przy coraz wyższych stanach, umożliwiających wkraczanie wody na równinę zalewową. Z tego powodu osady zdeponowane podczas kolejnych wezbrań mają mniejszą mięszkość i są bardziej drobnoziarniste (ryc. 10). Omówione warunki sprawiły, że osady pozakorytowe mogły początkowo przyrastać jako nadbudowa łach meandrowych. Wyżej zdeponowane warstwy wykazują jednak cechy typowe

dla wału przykorytowego (ryc. 9e, f). Aż 94% osadów zdeponowanych powyżej 125 cm zawiera się w przedziale frakcji 0,5–0,125 mm.

Osady powodziowe deponowane podczas wezbrań odgrywają dużą rolę w modelowaniu rzeźby równiny zalewowej w strefie międzywala. Wskutek szybkiego narastania osadów paleomeandry oraz inne zagłębienia terenu w strefie międzywala są wypełniane osadami pozakorytowymi, co powoduje



Ryc. 10. Granulometria osadów w odsłonięciu A
Fig. 10. Sediment profile A

wyrównywanie falistej powierzchni równiny. Zachodzi tu również pionowy przyrost wału przykorytowego. Prowadzi to do wzrostu różnicy wysokości pomiędzy powierzchnią równiny zalewowej, zamkniętej w strefie międzywału, w stosunku do powierzchni terenu po zewnętrznej stronie wałów przeciwpowodziowych.

Tempo sedymentacji

Określenie przypuszczalnego tempa przyrostu osadów pozakorytowych ułatwia obecność miazgu węglowego w spągu odsłonięcia. W aluwiach Wisły może on być obecny od ok. 200 lat (Rutkowski, 1986). Nasuwa to wstępne przypuszczenie, że wiek badanych osadów nie przekracza 200 lat. Stopniowy przyrost wysokości brzegów był związany zarówno z depozycją nowych osadów jak i postępującą erozją wgłębną. Spowodowało to stosunkowo szybką nadbudowę łach meandrowych osadami pozakorytowymi w formie wąskich wałów brzegowych, które w wielu odcinkach stanowią wąskie listwy teras włożonych (ryc. 7). Tempo tej sedymentacji musiało być znaczne. Świadczyć o tym może fakt znajdowania w odsłonięciach przedmiotów łatwych do datowania, z dużą dokładnością. Na głębokości 150 cm znajdowano przedmioty z tworzyw sztucznych, których produkcję rozpoczęto dopiero w połowie XX w. Można stąd wyprowadzić wniosek, że wiek osadów na głębokości 0–150 można określić na ok. 50 lat. Tempo sedymentacji nie jest jednakowe dla całego okresu powstawania teras włożonych i zależy od częstotliwości występowania powodzi jak i od ich intensywności. W odsłonięciu A są widoczne sekwencje osadów o różnej miąższości; od 40 do 5 cm. Znaczna miąższość (28 cm) osadu piaszczystego w odsłonięciu B sugeruje, że najbardziej mięszsze warstwy należy korelować z wezbrzeniami o największej intensywności (por. ryc. 2). Zróżnicowanie miąższości jest wyraźniejsze dla osadów o frakcji piaszczystej. Miąższość

osadów frakcji mułkowej jest mniej zróżnicowana i waha się w granicach 1–4 cm.

Podsumowanie

1. W strefie międzywału doliny Wisły w Kotlinie Oświęcimskiej zachodzi intensywne sedymentacja osadów pozakorytowych. Osady te cechuje bardzo wyraźna rytmika występowania grubszych warstw piaszczystych (średnica ziarna 2–0,25 mm) i oddzielających je cieńszych warstw mułków (0,25–0,063 mm). Ich rytmika odpowiada cykliczności występowania powodzi w tym odcinku doliny górnej Wisły w latach 1935–1997 oraz odzwierciedla duże różnice prędkości przepływu wody na równinie zalewowej, spowodowane ograniczeniem jej szerokości o 25%. Wisła w analizowanym odcinku występowała z koryta co najmniej 25 razy.

2. Obecność miazgu węglowego w spągu odsłonięcia wskazuje, że osady te nie są starsze niż 200 lat. Znajdowane w odsłonięciach przedmioty z tworzywa sztucznego pozwalają twierdzić, że osady leżące na głębokości 150 cm i płycej deponowane były nie dawniej niż w połowie naszego wieku.

3. Znaczne tempo akumulacji pozakorytowej i tendencja do erozji wgłębnej na obszarze badań powoduje wzrost wysokości brzegów rzeki co w konsekwencji może doprowadzić do ustania aktywności równiny zalewowej.

4. Brak wykształconych poziomów glebowych na wałach przykorytowych świadczy o wciąż zachodzących tutaj procesach sedymentacji pozakorytowej.

5. Sedymentacja pozakorytowa powoduje niwelowanie naturalnych zagłębień terenu w strefie międzywału.

Literatura

- ALLEN J. R. L. 1977 — Fizyczne procesy sedymentacji. PWN: 136–169.
- CZAJA S., DEGÓRSKA V. & LEŚNIOK M. 1993 — Naturalne i antropogeniczne zmiany biegu koryta Wisły w Goczałkowicach do ujścia Przemyszy. Geogr. Stud. Dissertation., 17: 7–15.
- GALAROWSKI T. & KLIMEK K. 1991 — Funkcjonowanie koryt rzecznych w warunkach zagospodarowania. [W:] Dorzecze Górnej Wisły (red. Dynowska I. & Maciejewski M.). PWN: 231–259.
- KLIMEK K. 1974 — The structure and mode of sedimentation of the floodplain deposits in the Wisłoka valley (South Poland). Stud. Geomorph. Carp.–Balcan., 8: 137–151.
- KLIMEK K. 1988 — An early anthropogenic alluviation in the Subcarpathian Oświęcim Basin, Poland. Bull. Pol. Acad. Sci., Earth Sci., 2: 159–169.
- KLIMEK K. & ŁAJCZAK A. 1991 — Transport materiału dennego i unosin. [W:] Dorzecze Górnej Wisły (red. Dynowska I. & Maciejewski M.), PWN: 249–254.
- KRUK J. 1987 — Wczesne rolnictwo i jego wpływ na kształtowanie środowiska naturalnego wyżyn lessowych dorzecza górnej Wisły. Pr. Nauk. UŚL., 712: 56–68.
- ŁAJCZAK A. 1995 — Studium nad zamulaniem wybranych zbiorników zaporowych w dorzeczu Wisły, Monogr. Kom. Gosp. Wod. PAN, 8: 38–46.
- MACKLIN M. & KLIMEK K. 1992 — Metal contamination of alluvium in the upper Vistula basin, southwest Poland. App. Geogr., 12: 7–30.
- OSUCH B. 1991 — Reżim odpływu powierzchniowego [W:] Dorzecze Górnej Wisły (red. Dynowska I. & Maciejewski M.) PWN: 167–215.
- RALSKA-JASIEWICZOWA M. 1968 — Ślady osadnictwa prehistorycznego w diagramach pyłkowych z obszaru Polski. Folia Quatern., 29: 163–181.
- RUTKOWSKI J. 1986 — The occurrence on Carboniferous coal of anthropogenic origin in the contemporaneous Vistula river sediments near Cracow (Southern Poland). Earth surface processes and landforms, 11: 321–326.