

Osady pozakorytowe Odry powstałe w czasie powodzi w 1997 r.

Adolf Szponar*

W czasie powodzi w 1997 r. na równi zalewowej, sztucznie uformowanej w czasie regulacji rzeki, powstały podczas przepływów pozakorytowych: wały brzegowe, glify, naspy i kanały krewasowe. Wyszortowanie osadów piaszczystych jest bardzo dobre i dobre, a umiarkowanie dobre wysortowanie namulów. W osadach przewagę stanowią minerały z grupy piroksenów i amfiboli; brak minerałów charakterystycznych dla mady przemysłowej, m.in. pirytu, hematytu, magnetytu. Uziarnienie odrzańskich osadów ponadkorytowych jest zależne od miejsca i warunków depozycji. Przyrost pionowy osadu na równi zalewowej jest zróżnicowany. Zagadnienia granulometrii powstałych osadów i minerałów ciężkich rozpatruje się na przykładzie osadów powodziowych Nilu, Sekwany i innych rzek.

Słowa kluczowe: Odra we Wrocławiu, osady aluwialne, osady powodziowe

Adolf Szponar — **Overbank deposits of Odra river during the 1997 flood.** Prz. Geol., 48: 176–181.

Summary. During the flood in 1997 the natural levees, crevasse channels, crevasse-splays and crevasse-splay cone depositse arose on the outer flood plain, artificially built during the Odra river regulation. The deposits were described according to grain-size distribution and heavy minerals composition. Good and very good sorting of sand deposits was noticed. The piroxenes and amphiboles dominate in the deposits. Grain-size distribution of overbank deposits of Odra depends on the site and deposition conditions. Thickness of deposits increases and varies over a flood plain.

Key words: Odra near Wrocław, alluvial deposits of the overbank

Tematem pracy są formy i osady pozakorytowe międzywałe powstałe wzdłuż żeglownego odcinka Odry we Wrocławiu w czasie powodzi 1997 roku (ryc.1).

Wrocławski odcinek doliny Odry należy do górnego biegu rzeki. We Wrocławiu Odra przyjmuje Bystrycę, Oławę i Ślęzę, a z prawobrzeżnej części dorzecza Widawę. System rzeczny podkreśla kotlinowaty charakter tego fragmentu Niziny Śląskiej (Jahn & Szczepankiewicz, 1967; Walczak, 1970; Szczepankiewicz, 1978, 1989).

W dolinie Odry występuje rozbudowany system meandrowy, w którym wyróżnia się układ o największych promieniach zakoli. Leży on wyżej niż dwa młodsze systemy meandrowe. Na terenie miasta obecnie ani Odra ani Widawa nie wykorzystują swych systemów meandrowych, płyną one w korytach sztucznych i w sztucznie uformowanych równiach zalewowych.

Regulacja koryta Odry

Regulacja Odry na terenie miasta była prowadzona kilkakrotnie (Leonhard, 1893, 1901). Najstarsze, istotne prace pochodzą z 1748 r. i dotyczą szczytnickiego oraz osobowickiego odcinka Odry. Wówczas to wybudowano w celu utrzymania odpowiedniego stanu wody w Odrze miejskiej jaz w Szczytnikach, regulujący przepływ w kierunku Odry karłowickiej. Ostatnie prace finalizujące budowę dzisiejszej odrzańskiej drogi wodnej były prowadzone w latach 1916–1922 i obejmowały budowę kanału przeciwpowodziowego i żeglownego. Zrealizowany projekt jest częścią systemu ochrony miasta przed powodzią, który nosi nazwę wrocławskiego węzła wodnego.

Dzisiejsze żeglowne koryto Odry jest przekopem, założonym na jej naturalnej równi zalewowej. Dawne ślady koryta Odry są zachowane na odcinku od Tresnej przez Kowale, Karłowice po Osobowice. Rzeka do późnego średniowiecza płynęła w tym systemie meandrowym, którego ślady są zachowane do dziś. Od lat 20. naszego wieku odcinek ten jest mar-

ty, bowiem w wyniku prac regulacyjnych został oddzielony od koryta Odry wałem przeciwpowodziowym.

Podczas regulacji rzeki ingerencja człowieka w środowisko doliny Odry była znacząca. Projekt regulacji rzeki przewidywał przyjęcie fali powodziowej o określonej objętości i wysokości przez określenie szerokości międzywała, wysokości wałów oraz rozproszczenia wody na dodatkowych terenach przewidzianych do zalania. Na szerokim płaskim dnie doliny wytyczono przebieg koryta, które musiało spełnić, zwłaszcza przy manewrach na zakrętach, wymogi wielkogabarytowych barek wprowadzanych do żeglugi. Dlatego też nowo uformowane koryto Odry składa się z odcinków prostoliniowych łączonych łukami o dużym promieniu. Brzegi zostały uformowane i zabezpieczone przed migracją kamieniem łamanym i paliowaniem już w czasie prac regulacyjnych.

Część doliny Odry z meandrującym korytem, odcięta wałami kanału żeglownego nie przyjmuje wód powodziowych. Do zalania przeznaczony jest obszar międzywała o szerokości 150–200 m. Najczęściej jest on zalewany do podstawy wałów, ale podczas wezbrań katastrofalnych, a takie było wezbranie w 1997 r., woda sięga po ich koronę. Do przelania się wód np. na wale karłowickim w 1997 r. brakowało jedynie od 10–30 cm (ryc. 2). Wskazuje to na potrzebę podwyższenia i ciągłą konserwację wałów. Na terenie miasta wysoka woda rozproszczana jest dwukrotnie przez węzły: tzw. wrocławski węzeł hydrograficzny i kanały śródmiejskie.

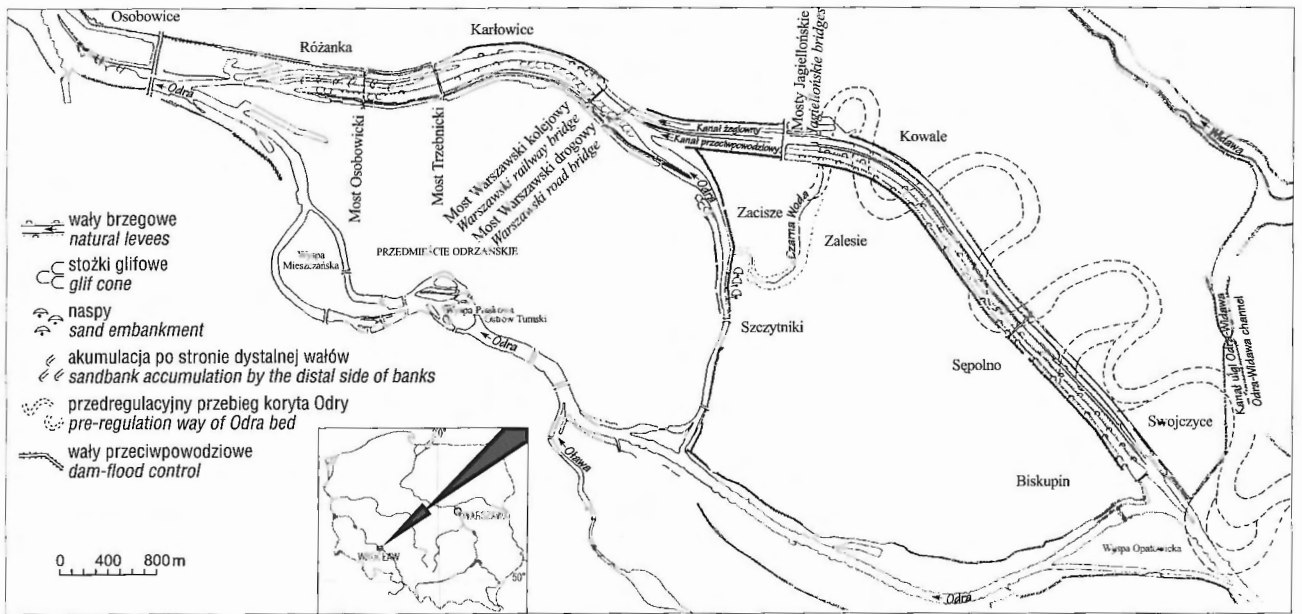
Przepływy pozakorytowe

Przepływy pozakorytowe mają miejsce podczas wezbrań przy wystąpieniu wód z koryta na równię zalewową (Gradziński i in., 1976).

W czasie powodzi 1997 r. podczas przepływów pozakorytowych na wrocławskim odcinku Odry powstały formy akumulacyjne i erozyjne (ryc. 1, 2).

Do pierwszej grupy należą: wały brzegowe, glify, naspy, akumulacja po stronie dystalnej wałów, nadbudowa równi zalewowych, a do drugiej: kanały krewasowe, podcięcia brzegów koryta.

*Instytut Geograficzny, Uniwersytet Wrocławski, pl. Uniwersytecki 1, 51-137 Wrocław



Ryc. 1. Formy powstałe na równi zalewowej Odry podczas powodzi w 1997 r.
Fig. 1. Forms on a flood plain of Odra during 1997 flood

Wąły brzegowe. Odrzańskie wwały brzegowe, powstałe w czasie powodzi w 1997 r., osiągają wysokość maksymalnie 0,4–0,5 m (ryc. 3). Na pewnych odcinkach od wału głównego, leżącego najbliższej koryta, odchodzą drobne wwały o wysokości 5–10 cm, których liczba wynosi 4–5 (ryc. 4). Wysokość wałów i odległość między nimi maleje w miarę oddalania się od koryta. W brzdach między wałami brak akumulacji lub jest ona bardzo niska, odsłania się w nich powierzchnia równi zalewowej. Takie wykształcenie wałów dowodzi ich etapowego formowania się podczas kolejnych dwóch fal powodziowych. W etapie pierwszym powstawały drobne wwały, położone na zewnątrz od głównego, a w drugim główny wał przykorytowy. Formy wałów z reguły występują w przypadku biegu prostoliniowego po obu stronach koryta. Przy zmianie biegu koryta na jego wypukłym brzegu dochodziło do rozmywania form brzegowych i powstania stożków o płaskiej powierzchni i wyraźnym czole.

Wał brzegowy, przed mostem osobowickim, pod względem granulometrycznym budują piaski drobno- i średnioziarniste o zbliżonym udziale frakcyjnym.

Wartość mediany (Md) osadu wynosi $2,041\Phi^*$, a średniej średnicy (Mz) $2,076\Phi$. Frakcji poniżej $0,125\text{ mm}$ jest 2,0%. Uziarnienie piasków wykazuje populację bimodalną. Osad jest bardzo dobrze wysortowany o skośności dodatniej i kurtozie mezokurtycznej.

Udział minerałów ciężkich w badanej frakcji** jest najwyższy wśród zbadanych osadów i wynosi 0,48%. Również wysoki jest udział minerałów przezroczystych (65,3%). W osadzie dominują granaty i amfibole.

Zespół minerałów tworzy asocjacje: granatowo-amfibolowo-piroksenowo-turmalinowo-epidotową*** 31 : 25 : 11 : 9 z podrzędną asocjacja: staurolitowo-andaluzytowo-dyksenowo-sylimanitową 7 : 4 : 4 : 2. Udział monacytu i tytanitu jest podobny i wynosi po 1,9%. Stosunek amfiboli do granatów równa się 0,8064 i zalicza się do średnich wartości.

Wał brzegowy Odry powstały między mostami drogowym warszawskim a kolejowym warszawskim jest słabo wykształcony. Budują go piaski drobnoziarniste stanowiące 68,1%. Drugą pod względem udziału frakcję tworzą piaski średnioziarniste (19,9%), a trzecią pozycję zajmują

piaski bardzo drobnoziarniste (10,2%). W przebadanej próbie frakcji grubszej jest od 0,5 mm jest 0,3%, a drobno-piaszczystej i pylastej 11,7%. Zawartość substancji organicznej wynosi 0,17%.

Jest to utwór monomodalny o wartości mediany (Md) $2,509\Phi$ i wartości średniej średnicy (Mz) $2,412\Phi$. Wysortowanie osadu jest umiarkowanie dobre (0,512), skośność dodatnia a kurtoza leptokurtyczna.

W próbie udział minerałów ciężkich wynosi 0,10%, wśród których nieprzezroczyste stanowią 58,3%. W składzie minerałów przeważają amfibole i pirokseny stanowiące 40,0%, epidoty (14,3%), granaty (12,6%) i turmaliny (10,8%).

Stanowią one asocjacje amfibolowo-piroksenowo-epidotowo-granatowo-turmalinową: 40 : 14 : 13 : 11 z podrzędną asocjacja: staurolitowo-sylimanitowo-chlorytowo-dyksenową 3 : 3 : 3 : 3. Podobny 2,5% udział ma także tytanit. Stosunek sumy amfiboli i piroksenów do granatów jest najwyższy w badanych osadach powodziowych i wynosi 3,1746.

W składzie badanych osadów powodziowych nie wykryto minerałów wchodzących w skład najmłodszych osadów budujących macę przemysłową i kolmatujących dno koryta Odry m.in. pirytu, hematytu czy magnetytu (Szczepankiewicz, 1989). Brak tych minerałów w osadach powodziowych należy tłumaczyć zerodowaniem i odtransportowaniem osadów mady przemysłowej już w pierwszej fazie formowania się fali powodziowej.

Dla celów porównawczych przebadano osady wałów brzegowych Ślęzy i Widawy. Uziarnienie wału brzegowego Ślęzy przy jej ujściu do Odry wykazuje, że zbudowany jest on z piasku drobnoziarnistego stanowiącego 67,7%. Udział frakcji poniżej $0,125\text{ mm}$ jest 12,2%, a od 0,25 do 0,5 mm 17,9%. Ziarna grubsze od 1 mm stanowią zaledwie

*wartość statystycznych wskaźników uziarnienia podano według Folka i Warda (1957) w wartościach Φ

**minerały ciężkie były badane we frakcji 0,25–0,125 mm

***amfibole i pirokseny tworzą zrosty, więc przy ilościowym odniesieniu utworzono zapis łączny (np. 34 : 25 : 11 : 8)



Ryc. 2. Stan pozakorytowy Odry powyżej Mostu Trzebnickiego. Wysokość zalania sięga podstawy wałów

Fig. 2. Extra-channel period of Odra river above Trzebnicki bridge. The height of flood reached the bottom of dam



Ryc. 3. Wał brzegowy Odry. Część prawobrzeżna, poniżej ujścia Śleży

Fig. 3. Natural levee of Odra river. Right-bank, below the mouth of Śleża river

0,6%. Wyszortowanie osadu jest umiarkowanie dobre a skośność ujemna. Udział substancji organicznej wynosi 0,72%. W próbce tej nie badano minerałów ciężkich.

Odmienny skład ma uziarnienie wału brzegowego Widawy przy moście kolejowym. Budują go piaski średnioziarniste (67,3%) i gruboziarniste (22,4%). Udział piasku drobnego wynosi 7,7%, a frakcji pylastej i ilastej 1,8%. Ziaren grubszych od 1 mm jest 0,8%. Wartość mediany wynosi 1,353Φ, a średniej średnicy 1,356Φ. Wyszortowanie osadu jest bardzo dobre, skośność w przybliżeniu symetryczna, a kurtoza mezokurtyczna. Zawartość substancji organicznej wynosi 0,02%.

W osadzie stwierdzono podwyższoną zawartość (0,45%) minerałów ciężkich, wśród nich przezroczyste stanowiły 52,9%. W składzie przeważały: granaty (38,9%), amfibole i pirokseny (16,1%), epidoty (12,8%) oraz staurolity (7,1%). Utworzyły one asocjacje: granatowo-amfibolowo-piroksenowo-epidotowo-staurolitową 39 : 16 : 13 : 7 z podrzędną: turmalinowo-dystenowo-andaluzytowo-tytanitową 6 : 3 : 3 : 3.

Dwuprocentowy udział mają także: cyrkon (1,9%) i monacyt (1,9%). W stosunku do poprzednio omówionych próbek, w tej wyraźnie mniej jest muskowitu (0,6%) i chlorytu (0,6%).

Stosunek amfiboli i piroksenów do granatów wynosi 0,4139 i jest podwyższony w stosunku do próbki z przebadanych osadów powodziowych.

Glify. Glyfy są słabo wykształcone z powodu niskich wałów brzegowych i płytkich kanałów krewasowych. Powstały one u wylotu kanałów krewasowych i najczęściej mają charakter płaskiego stożka z wyraźnie ukształtowanym czołem (Gradziński i in., 1976). Osady czoła stożka gelifowego są monomodalne. Główną frakcją jest przedział od 0,25 do 0,125 mm, stanowiący ponad 77,1%, a udział drugiej frakcji od 0,125 mm do 0,007 mm wynosi 17,1%. Ziaren powyżej 0,25 mm jest ok. 2,7%. Jest to osad o medianie (Md) równej 2,549Φ i o wartości średniej średnicy (Mz) 2,647Φ, dobrze wysortowany o skośności bardzo dodatniej i kurtozie bardzo leptokurtycznej. Udział substancji organicznej wynosi 0,64%.

Udział minerałów ciężkich w badanej frakcji wynosi 0,16% i jest niski wśród zbadanych osadów. Stwierdzono 48,9% minerałów przezroczystych. Największy udział

mają amfibole z piroksenami (33,5%), granaty (24,7%), epidoty (10,6%) oraz turmaliny (8,2%).

Tworzą one asocjacje: amfibolowo-piroksenowo-granatowo-epidotowo-turmalinową 34 : 25 : 11 : 8 z podrzędną asocjacją: staurolitowo-tytanitowo-biotytowo-rutyłową 7 : 4 : 2 : 2. Stosunek amfiboli i piroksenów do granatu wynosi 1,3562 i należy do wartości średnich wśród przebadanych próbek. Osady te cechują się dobrym wysortowaniem i bardzo dodatnią skośnością.

Środkowa część stożka gelifowego ma osad także monomodalny z udziałem frakcji 0,25–0,125 mm ponad 81%. Wzrasta w nim udział ziaren od 0,5 do 0,25 mm do ok. 7,6%, a drobniejszych tj. poniżej 0,125 mm do 10,3%. Osad tej części jest lepiej wysortowany niż czoło gliku, skośność jest w przybliżeniu symetryczna, a kurtoza bardzo leptokurtyczna. Cechy te dowodzą lepszej segregacji ziarna w osadzie środkowej części gliku niż na jego czole. Zawartość substancji organicznej wynosi 0,29%. W próbce nie badano minerałów ciężkich.

Glify składające się z zespołów ząbających się stożków charakteryzują się płaską powierzchnią (Gradziński i in., 1976). Mają znaczne rozprzestrzenienie na obszarze międzywału, ale o niewielkiej miąższości osadu. Powstały one w wyniku zmiany kierunku prądu w efekcie odbicia się od przeszkód naturalnych lub sztucznych. We Wrocławiu stwierdzamy je między mostami: drogowym warszawskim a kolejowym warszawskim, a także przed mostem drogowym warszawskim, w miejscu łączenia się Odry szczytnickiej z kanałem przeciwpowodziowym (ryc. 5). Wody odrzańskie odnogi szczytnickiej uległy tu podparciu przez wody kanału przeciwpowodziowego oraz obudowę kanału powodziowego, co spowodowało wyjście nurtu z koryta i powstanie na równi zalewowej w międzywału szerokiej strefy depozycji osadów.

Powstała forma budują piaski uziarnieniu bimodalnym wśród nich drobnoziarniste stanowią 46,3%, a średnioziarniste 46,6%. Ziaren drobniejszych niż 0,125 mm jest 6,7%, a pozostała część przypada na ziarna grubsze niż 0,5 mm. Ta bimodalność osadu jest bardzo charakterystyczna. Osad ma medianę (Md) o wartości 2,059Φ, i średnią średnicę (Mz) o wartości 2,100Φ. Jest on dobrze wysortowany, skośny dodatnio i o kurtozie mezokurtycznej. Udział substancji organicznej jest znikomy (0,03%).

W składzie minerałów ciężkich przeważają zdecydowanie granaty (56,2%) nad amfibolami i piroksenami (16,1%), staurolity stanowią 6,7%, epidoty 4,9%.

Tworzą one asocjacje: granatowo-amfibolowo-piroksenowo-staurolitowo-epidotową 56 : 16 : 7 : 5 z podrzędną: turmalinowo-cyrkonowo-dystenowo-tytanitową 4 : 3 : 3 : 3. Stosunek amfiboli i piroksenów do granatów wynosi 0,2864 i jest najniższy z przebadanych próbek osadów powodziowych.

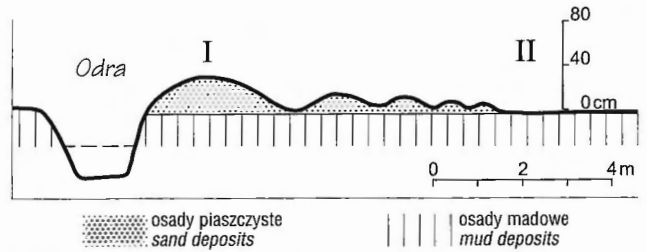
Podobny bimodalny skład uziarnienia wykazuje próbka, pobrana przy nasadzie zespołu stożków, poniżej piętrzenia wody na Odrze szczytnickiej, a przed drogowym mostem warszawskim. W osadzie dominują frakcje od 0,5–0,25 mm i 0,25–0,125 mm, których udział jest zbliżony i łącznie wynosi 92,9%. W stosunku do wyżej omawianej próby jego mediana jest zbliżona, podobnie jak wartość średniej średnicy. Wyszortowanie osadu jest umiarkowanie dobre (0,510), choć nieco gorsze od powyższej próbki, skośność dodatnia a kurtoza mezoskurtyczna.

W osadzie minerały ciężkie stanowią 41,6% i jest to wartość średnia wśród przebadanych osadów powodziowych. Dominującymi minerałami są: granaty (36,1%), amfibole i pirokseny (16,7%), staurolit (9,3%), epidoty (8,7%). Tworzą one asocjacje: granatowo-amfibolowo-piroksenowo-staurolitowo-epidotową 36 : 17 : 9 : 9 z podrzędną asocjacją: turmalinowo-andaluzytowo-tytanitowo-muskowitową 8 : 5 : 3 : 2.

Udział 2% mają ponadto monacyt i sylimanit. Stosunek amfiboli i piroksenów do granatów jest niski i wynosi 0,4626. Wysoki udział granatów występuje przy dobrym wysortowaniu osadów.

Naspy piaszczyste. Obejmują niewielkie obszary międzywala na prawym brzegu Odry szczytnickiej, w miejscu występowania drzew, krzewów i nierówności terenowych (ryc. 6). Tworzyły one przeszkody, na których woda ulegała spiętrzeniu, co powodowało uformowanie się spiralnych wirów opływających obustronnie przeszkody. Poniżej w pewnej odległości od nich usypane zostały sierpowate formy (naspy) z niesionego z wodą piasku.

Osady równi zalewowej. Cechują się one wzrostem udziału frakcji drobniejszej w przedziale 0,125–0,06 mm i położeniem w zewnętrznych partiach równi zalewowej. Granica zasięgu tych form i osadów jest ostra z wyżej omówionymi. Pod względem granulometrycznym należy wśród nich wyróżnić dwie grupy osadów — bardziej piaszczyste i bardziej pylaste. Pierwsza grupa jest reprezento-



Ryc. 4. Formy i osady pozakorytowe; I — wał brzegowy, II — równina zalewowa

Fig. 4. Forms and overbank deposits; I — natural levee, II — flood plain

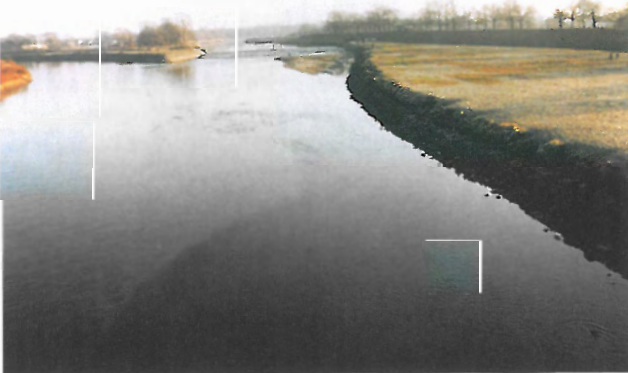
wana przez zbliżony udział frakcji 0,25–0,125 mm i 0,125–0,06 mm przy udziale ponad 1% ziaren powyżej 0,5 mm. Osad ten ma medianę (Md) o wartości 3,032Φ i wartość średniej średnicy (Mz) 3,045Φ. Jest on umiarkowanie dobrze wysortowany o skośności w przybliżeniu symetrycznej i kurtozie platykurtycznej (0,785). Udział substancji organicznej wynosi 3,74% i wśród przebadanych próbek jest bardzo wysoki.

Osady mułowe równi zalewowej, cechują się niską zawartością minerałów ciężkich (0,11%), i średnią zawartością minerałów nieprzezroczystych przekraczającą nieco 45%. W osadzie dominują amfibole i pirokseny (34,3%), epidoty (20,5%), granaty (14,4%), turmaliny (11,4%).

Tworzą one asocjacje: amfibolowo-piroksenowo-epidotowo-granatowo-turmalinową 33 : 21 : 14 : 11 z podrzędną asocjacją: staurolitowo-andaluzytowo-chlorytowo-muskowitową: 6 : 2 : 2 : 2. Stosunek amfiboli i piroksenów do granatów wynosi 2,3819 i należy do wysokich wśród przebadanych osadów powodziowych.

Próbka osadu z drugiej grupy reprezentuje namul drobnoziarnisty z dominacją frakcji 0,25–0,125 mm, która wynosi ok. 54%. Ziaren powyżej 0,25 mm jest ok. 1%. Mediana osadu wynosi 2,955Φ, a wartość średniej średnicy (Mz) 3,094Φ. Wyszortowanie jego jest umiarkowanie dobre (0,615), skośność bardzo dodatnia, a kurtoza leptokurtyczna. Zawartość części organicznych jest wysoka i wynosi 3,64%. Utwór ten oraz wyżej omówiony kwalifikuje się do osadów madowych powstałych z dekantacji zawiesziny wód powodziowych.

W jej składzie stwierdzono wysoki udział minerałów ciężkich nieprzezroczystych (62,3%). Wśród minerałów



Ryc. 5. Obszar akumulacji stożka napływowego z widocznymi łachami i podcięciami brzegów koryta Odry, w miejscu łączenia się kanału przeciwpowodziowego (z lewej strony) ze Starą Odryą

Fig. 5. Area of alluvial cone accumulation with lateral bars and Odra banks' undercut, by the mouth of flood dam



Ryc. 6. Naspy piaszczyste w Kotowicach — poniżej ujścia Widawy do Odry

Fig. 6. Sand embankment in Kotowice — below the mouth of Widawa river

dominują amfibole i pirokseny (30,9%), granaty (26,9%), epidoty (12,1%), turmaliny (6,7%).

Stanowią one asocjacje: amfibolowo-piroksenowo-granatowo-epidotowo-turmalinową 31 : 27 : 12 : 7 z podrzędną asocjacją: staurolitowo-muskowitowo-dystenowo-tytaniową 6 : 4 : 3 : 2.

Stosunek amfiboli i piroksenów do granatów wynosi 1,1486 i jest średni wśród zbadanych osadów powodziowych. Wzbogacenie w granat wystąpiło przy wysokim stopniu wysortowania osadu.

Kanały krewasowe. Są to formy słabo wykształcone, czasem rozległe ale o niewielkiej głębokości. Rozcinają one wały brzegowe i poprzez nie dokonywało się zalewanie równi zalewowych. Z uwagi na sztuczny charakter koryta i czas jego powstania są one niewielkie, stąd nie odgrywają jeszcze większej roli w rzeźbie doliny.

Podcięcia brzegów koryta. Występują na znacznych, zwłaszcza nie umocnionych odcinkach brzegów. W wielu miejscach doszło do podcięć, rozmycia brzegów i powstania obrywów.

Dyskusja wyników

Rozwój obecnych równi zalewowych Odry i jej dopływów rozpoczął się w okresie subatlantyckim. Na początku tego okresu były one bardzo rozległe co wynikało z charakteru meandrującego rzek (Kozarski, 1974; Kozarski & Rotnicki, 1977; Starkel, 1977; Szponar, 1998). Później ulegają one zmniejszeniu w wyniku powstawania systemów meandrowych o coraz mniejszych promieniach huków meandrowych. W Odrze duże zmiany uczynił człowiek, który pierwszych zmian dokonał dla żeglugi, wykonując przekopy skracające bieg rzeki (Leonhard, 1893, 1901). Dalsze zmiany obejmowały przełożenie koryta rzeki i ograniczenie go poprzez budowę obwałowań (Kaźmierczyk, 1966; Kowalski, 1977). Prace te zmierzały także do zminimalizowania wyrządzanych szkód oraz wykorzystania powierzchni den dolinnych do różnych celów, w tym na potrzeby osadnictwa i budownictwa mieszkaniowego oraz przemysłowego.

Równie zalewowe powstają w wyniku procesów fluwialnych zarówno erozyjnych, jak i akumulacyjnych. Są jednymi z bardziej rozpowszechnionych form na Ziemi (Brown, 1997). Ich rozwój może być ciągły, ale z reguły postępuje etapami, które warunkują czynniki natury geologicznej lub klimatycznej (Church, 1977, 1992). Osady wałów brzegowych, glistowych stożków, mikrodelty i jezorów piaszczystych sukcesywnie podwyższają obszar przykorytowy, ponieważ każda powódź odkłada tu nową warstwę osadu, chroniąc tym samym obszar równi przed zalaniem wodami powodziowymi. Ogólnie przyjmuje się, że na obszarze wałów brzegowych i równi zalewowej następuje pionowy przyrost aluwii. Powstawanie wałów jest naturalną obroną rzeki przed zmianą koryta. Podwyższanie ich chroni przed zalaniem równi zalewowej, ale naturalna nadbudowa wałów wymaga coraz to wyższych stanów wód powodziowych. Leopold i Woolman (1957) oraz Leopold i in. (1964) przyjmują, że podczas wezbrań ok. 20% wszystkich osadów osadza się na brzegu koryta.

Boczny rozwój koryta doprowadza do powiększenia równi zalewowej i powstawania charakterystycznych form odsypów wałowych i towarzyszących im obniżeń. Migracja koryta rzeki doprowadza do powstania aluwii budujących tereny nisko położone nad rzeką, kwalifikowane do tarasu zalewowego.

Na powierzchni równi zalewowej Odry występują starorzeczka i stare rynny powodziowe. Występowanie, układ i budowa równi zalewowej Odry jest świadectwem przeszłości rzeki i

może wpływać na jej dzisiejsze zachowanie się zwłaszcza w czasie wezbrań (Geschwendt, 1922; Kaźmierczyk, 1966).

Znane w historii są rzeki, które przemieszczały swoje koryto i takie, które utrzymywały je w jednym miejscu (Hook, 1977). Fergusson (1981) uważa, że mobilność wielu rzek występuje na nizinnych terenach Anglii, Środkowej Europy i wschodniej części Stanów Zjednoczonych. Według niego jest ona spowodowana przez ogólnie bardziej odporne na erozję brzegi, zbudowane ze spoiwych skał osadowych typu glin i ilów oraz przez słaby prąd i małe spadki koryta.

Formy brzegowe są niszczone w czasie przechodzenia coraz to silniejszych fal powodziowych i opuszczane podczas awulsji czyniąc je martwymi. Na badanym terenie miało to miejsce na odcinku między Kowalami a Szczytnikami i doprowadziło do aktywnych zmian w systemie równi zalewowej i ukształtowania nowego odpływu ku Szczytnikom.

Natanson (1986) dla rzek wybrzeża Nowej Południowej Walii (Australia) przytacza przykłady katastrofalnych zmian przebiegu koryta i powstania rozcięć w powierzchni równi zalewowej. Stwierdza on, że podczas wylewów pozakorytowych, ale nie katastrofalnych, dochodzi do nadbudowywania wałów brzegowych. Ulegają one następnie całkowitemu zniszczeniu podczas katastrofalnych powodzi, które w tym rejonie są wynikiem zmiany reżimu rzek wskutek fluktuacji klimatu w krótkich okresach czasu.

Obszar pokryty aluwiami Odry jest wielokrotnie większy od obecnej strefy ograniczonej do międzywału. Buduje go system tarasów składający się z tarasu vistuliańskiego i trzech tarasów holocenijskich, w tym dwóch zalewowych (Szczepankiewicz, 1989; Szponar, 1998).

Podczas stanów pełnokorytowych formuje się taras zalewowy pierwszy, a w pozakorytowych także taras zalewowy drugi. Na fakt ten nie zawsze zwraca się w sposób wystarczający uwagę. Dla rzek meandrujących w okresie występowania stanów korytowych zachodzi migracja boczna koryta i boczne przyrastanie osadów. Przyrost pionowy występuje w mniejszym stopniu. W efekcie powstaje charakterystyczny zespół form i osadów budujących równię zalewową.

Podczas utrzymywania się stanów pozakorytowych zachodzą procesy akumulacyjne doprowadzające do powstania charakterystycznych osadów. Z cech powstałych osadów najczęściej są przytaczane dane odnośnie składu granulometrycznego.

Cailleux (1926) podaje interesujące dane o uziarnieniu osadów powodziowych Sekwany zdeponowanych na nadbrzeżach w Paryżu, podczas powodzi w 1926 r. Były to piaski głównie kwarcowe o średnicy 1–0,01 mm z przewagą ziaren 0,4–0,25 mm. W ich składzie był duży udział wapienia i odłamków muszli, zarówno współczesnych jak i kopalnych. W osadzie udział minerałów ciężkich był niewielki i wynosił 0,89%, a wśród nich przeważały cyrkonie i turmaliny.

Piaski z terenu Nantes, zdeponowane przez Loarę podczas powodzi w 1919 i 1920 r., kwalifikowały się do średnioziarnistych. Przeważała frakcja 0,75–0,05 mm średnicy ze znacznym udziałem frakcji piasku drobnoziarnistego. Udział w osadzie minerałów ciężkich był znaczny, przekraczał bowiem 3,7%. Taki udział Naliwkin (1956) kwalifikuje do wysokich. Skład minerałów ciężkich osadu był różnicowany, ale z przewagą magnetytu i piroksenów.

Piasek powodziowy Nilu pobrany z prawego brzegu koło Abu-Qurgas powyżej El Miny w Górnym Egipcie, charakteryzował się różnicowaniem frakcyjnym w zakresie od 1 do 0,01 mm z przewagą ziaren piasku gruboziarnistego o średnicy 1–0,5 mm. Udział minerałów ciężkich wynosił 2,9%, wśród nich przeważały: magnetyty, amfibole i chloryty.

Z przytoczonych przykładów wynika, że osady powodziowe wałów brzegowych Odry mają podobne uziarnienie, jeśli będziemy je oceniali globalnie. Szczegółowa analiza form i miejsca pobrania z niej próbki wykazała duże zróżnicowanie w uziarnieniu, które jest odbiciem dynamiki środowiska sedimentacji.

Najbardziej charakterystycznym osadem równi zalewowej są namuły rzeczne. Osady namułów powodziowych Nilu, tej najbardziej obciążonej zawiesiną rzeki, charakteryzowały się przedziałem frakcyjnym 0,2–0,001 mm. Udział w nich minerałów ciężkich był bardzo wysoki i wynosił 9,37%.

Do nieco grubszych należą osady powodziowe Huang-ho, przepływającej przez obszary lessowe. W 80% znajdują się one w przedziale frakcyjnym 0,25–0,125 mm, pozostałe 20% osadu było od tej frakcji większe lub mniejsze (Naliwkin, 1956).

Osady powodziowe równi zalewowej Odry są zbliżone pod względem uziarnienia do osadów Huang-ho, wynika to z faktu udziału lessów w dorzeczu Odry.

Miąższość zdeponowanych osadów powodziowych jest zróżnicowana w zależności od oddalenia od koryta. Zdecydowanie większą stwierdza się w strefie brzeżnej koryta — w wałach brzegowych, niż na równi zalewowej. Naliwkin (1956) stwierdza, że miąższość zdeponowanych osadów jest różna dla poszczególnych rzek. Wielu badaczy podkreśla, że miąższość z czasu jednej powodzi jest niewielka. Dla Nilu sprzed budowy tamy asuańskiej wynosiła ona 0,1 cm (Naliwkin, 1956). Jest to wartość, którą należy uznać za znaczną, jeśli się zważy coroczne wylewy. W przypadku wylewów katastrofalnych dużych rzek i o dużym ładunku zawiesiny np. Huang-ho, miąższość zakumulowanego mułu i piasku miejscami osiągała od 0,6 do 3,0 m.

Miąższość zdeponowanych osadów na równi zalewowej Odry, po ostatniej powodzi jest zróżnicowana i wynika z warunków lokalnych. Na równi zalewowej przyrosło średnio 0,1 cm namułów, ale są miejsca, zwłaszcza w obniżeniach gdzie przekracza 0,5 m.

Badanie historii rozwoju równi zalewowej jest ważne w celu określenia morfogenezy doliny oraz procesów i etapów ewolucji jaką przechodziła. Zrozumienie podstawowych procesów kształtujących równię zalewową jest niezbędne do badania przeszłego i planowania obecnego osadnictwa, właściwego wykorzystania powierzchni den dolinnych w planach zagospodarowania przestrzennego i ochrony środowiska przyrodniczego.

Wnioski

Koryto Odry na odcinku wrocławskim jest sztucznie uformowane, a równia zalewowa znacznie zwężona. Obszar pokryty aluwiami Odry jest wielokrotnie większy od strefy zajmowanej przez obecną równię zalewową ograniczoną do międzywału.

Podczas przepływów pozakorytowych, w okresie powodzi 1997 r., na odcinku wrocławskim powstały formy wałów brzegowych, gładowe stożki i mikrodelty, naspy, a z form erozyjnych kanały krewasowe i podcięcia koryta.

Uziarnienie osadów pozakorytowych zależne jest od miejsca i warunków depozycji. Wyróżniają się piaszczyste, z których zbudowane są wały brzegowe, osady gładów i nasp, oraz namuły, sedimentowane na równi zalewowej. Pierwszą grupę tworzą piaski drobno- i średnioziarniste, dobrze wysortowane, o skośności dodatniej i kurtozie leptokurtycznej. Natomiast drugą grupę, charakteryzują osady z dużym udziałem frakcji pylastej i ilastej, umiarkowanie

dobrze wysortowane, skośności dodatniej i symetrycznej, a kurtozie platykurtycznej i leptokurtycznej.

W osadach powodziowych stwierdzono wysoki udział amfiboli, piroksenów i epidotu. Minerale te pochodzą z erozji gleb i mad tzw. rolniczych, natomiast występujące granaty i turmaliny są w przewodzie z osadów podmadowych. Nie stwierdzono w badanych osadach minerałów wchodzących w skład mady przemysłowej, co przemawia za tym, że zostały one usunięte już podczas pierwszej fali powodziowej, a w zasadzie w czasie jej trwania.

Literatura

- BROWN A.G. 1997 — Alluvial geoarchaeology: floodplain archaeology and environmental change. Cambridge, Univ. Press.
- CAILLEUX A. 1929 — Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses. Paris.
- CHURCH M. 1977 — River studies in northern Canada, Reading the record from river morphology. Geoscience, Canada, 4: 4–12.
- CHURCH M. 1978 — Palaeohydrological reconstruction a Holocene valley fill. [In:] A.D. Miall (ed.), Fluvial Sedimentology. Canadian Soc. Petrol. Geol. Memoir, 5: 743–772.
- CHURCH M. 1992 — Channel morphology and typology. [In:] P. Calow and G.E. Petts (eds.), The Rivers. Handbook. Blackwell Scientific Publ., Oxford: 126–143.
- FERGUSON R.I. 1981 — Channel form and channel changes. [In:] J. Levin (ed.), British Rivers. Allen and Unwin. London: 90–125.
- GESCHWENDT F. 1922 — Breslau in der Urzeit, Ein Beitrag zur Siedlungskunde. Boehm u. Taussig, Wrocław: 1–32.
- GRADZIŃSKI R., KOSTECKA A., RADOMSKI A. & UNRUG R. 1976 — Sedymetologia. Wyd. Geol.
- HOOK J.M. 1977 — The distribution and nature of changes in river channel pattern. [In:] K.J. Gregory (ed.), River Channel Changes. Wiley, Chichester: 265–280.
- FOLK R. L. & WARD W.C. 1957 — Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J. Sedim. Petrol., 27:
- JAHN A. & SZCZEPANKIEWICZ S. 1967 — Osady i formy czwartorzędowe Sudetów i ich przedpola. [In:] Czwartorzęd Polski. PWN: 397–431.
- KAŹMIERCZYK J. 1966 — Wrocław lewobrzeżny we wczesnym średniowieczu. Cz. 1–2, Wrocław–Warszawa–Kraków.
- KOWALSKI J. 1977 — Dynamika stanów pierwszego poziomu wód podziemnych terenu m. Wrocławia. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 8, Rozprawy. Wyd. AR Wrocław.
- KOZARSKI S. 1974 — Późnoglacialne i holocenijskie zmiany w układzie koryt rzecznych niżowej części dorzecza Odry. Symp. Krajo-we: Rozwój den dolinnych, Wrocław–Poznań: 17–19.
- KOZARSKI S. & ROTNICKI K. 1977 — Valley floors and changes of river channel patterns in the North Polish Plain during the Late-Würm and Holocene. Questiones Geogr., 4: 51–93.
- LEONHARD R. 1893 — Die Stromlauf der mittleren Oder, Dissertation. Wrocław: 1–70.
- LEONHARD R. 1901 — Die Entwicklung der Stromlage der Oder bei Breslau. Festgabe für den XIII Deutschen Geographentag. Wrocław: 39–47.
- LEOPOLD L.B. & WOLMAN M.G. 1957 — River channel patterns: braided, meandering and straight. US. Geol. Surv. Prof. Pap., 282B: 39–85.
- LEOPOLD L.B., WOLMAN M.G. & MILLER J.P. 1964 — Fluvial processes in geomorphology. Freeman, San Francisco.
- NALIWKIN D.W. 1956 — Uczenie o facjach. Izd. Akad. Nauk. Moskwa.
- NATANSON G.C., RUST B.R. & TAYLOR G. 1986 — Coexistent mud braids and anastomosing channels in an arid-zone river: Cooper Creek, Central Australia. Geology, 4: 175–178.
- STARKE L. 1977 — Paleogeografia holocenu. PWN.
- SZCZEPANKIEWICZ S. 1959 — Dolina Odry między Wrocławiem a Brzegiem Dolnym. Czas. Geogr., 30: 263–286.
- SZCZEPANKIEWICZ S. 1970 — Cechy niektórych pokryw późnoczwartorzędowych. Acta Univ. Wratisl., 124, Stud. Geogr., 13: 3–15.
- SZCZEPANKIEWICZ S. 1978 — Osady czwartorzędowe w dolinie środkowej i górnej Odry. [In:] Zagadnienia hydrologiczne, hydrogeologiczne i ochrony wód rzeki Odry. PAN, Oddz. we Wrocławiu: 129–151.
- SZCZEPANKIEWICZ S. 1989 — Ziemia południowo-zachodniej Polski — morfogeneza i dzieje czwartorzędowe. Acta Univ. Wratisl., 1029, Stud. Geograf., 47: 1–136.
- SZPONAR A. 1998 — Wybrane problemy czwartorzędu południowo-zachodniej Polski. Acta Univ. Wratisl., 2083, Stud. Geograf., 71: 1–92.
- WALCZAK W. 1970 — Obszar przedśudecki. PWN.