

-Reakcja koryta rzeki górskiej na strukturę podłoża na przykładzie Wisłoki i Jasiołki (Beskid Niski)

Grzegorz Guzik*

A response of a mountain alluvial channel to the substratum a study based on the Wisłoka and Jasiołka rivers, the Beskid Niski Mts (southern Poland). Prz. Geol., 50: 609–614.

Summary. Depositional and erosional effects of two mountain rivers — the Wisłoka and the Jasiołka (the Polish Carpathians) — have been studied. A classification of large depositional forms of gravel-bed river is presented: five bar types were distinguished on the basis of their position within the channel, their planform and grain size of deposits. Furthermore, three types of mountain river reaches were recognized: predominated by erosion, predominated by accumulation, and with equally balanced erosion and accumulation. These reaches are dissimilar in sinuosity and slope of channel, as well as in quantity and type of bars recognised herein. The reaches occur one after another in specified sequence along the valleys. Their location is dependent on the pattern of gorges and dales. It was proved that the fluvial sedimentation style changes in cyclic manner along the valleys and is strictly related to structure and relief of substratum. This regular variation of fluvial morphology (slope and sinuosity of alluvial channel) and dynamic processes (erosion and deposition) have been not reported in literature till now.

Key words: mountain river, fluvial processes, sedimentation, bars, Polish Carpathians

Głównym wątkiem tej pracy jest analiza współcześnie zachodzących zjawisk fluwialnych w dolinach Beskidu Niskiego. Najprostszy model środowiska fluwialnego górskich zakłada, że wraz z biegiem głównych dolin stopień akumulacji rzecznej wzrasta, osiągając apogeum w strefie przedgórze. Takie rzeki górskie mają typowe koryta roztokowe (Gradziński i in., 1986; Zieliński, 1998). Do tej pory nikt nie pokusił się jednak przeanalizować, jak zmienia się środowisko fluwialne oraz styl akumulacji rzeki, której dolina przecina kolejne strefy przełomowe oraz kotliny. Jak zmienia się rozwinięcie koryta (ang. *channel pattern*) w tych przemiennie następujących różnych odcinkach doliny, wynikających ze zróżnicowanej budowy podłoża skalnego? W jaki sposób następują po sobie kolejne strefy zdominowane erozją i akumulacją rzeczna? Wreszcie, jak zmienia się spektrum dużoskalowych form depozycyjnych rzeki (odsypów czyli łach) w reakcji na zmianę spadku koryta oraz zmianę wzoru koryta? Oto podstawowe pytania leżące u podstaw tej analizy. Problemy te należą do zagadnień geologii dynamicznej, aczkolwiek nie można w tym miejscu pominąć aspektu użytkowego. Rozwiązanie postawionych wyżej zagadnień będzie bowiem prowadzić do poprawnych prognoz na temat lokalizacji stref erozji i depozycji oraz natężenia tych procesów, następujących w efekcie dużych wezbrań, które ostatnio stanowią duży problem gospodarczy w naszych górach.

Obszar badań

Materiał do niniejszej analizy został zebrany w dolinie Wisłoki i Jasiołki na terenie Beskidu Niskiego (ryc. 1). Wisłoka i Jasiołka to, obok Wisłoka i Ropy, dwie z czterech głównych rzek na obszarze Beskidu Niskiego. O wyborze tych dwóch dolin rzecznych do przeprowadzenia badań, zdecydował przede wszystkim fakt, że ich zlewnie są naturalnym środowiskiem sedymentacji współczesnych osadów fluwialnych. Doliny tych rzek są pozbawione większych osad, brzegi koryt nie są ujęte jakimikolwiek

budowlami hydrotechnicznymi i dzięki temu wybrane rzeki, poprzez naturalne procesy erozji i depozycji, kształtują swe koryta w nieskrępowany sposób. Budowa Beskidu Niskiego, należącego do Karpat fliszowych o budowie płaszczwinowej, sprzyja tworzeniu licznych przełomów związanych ze strefami odporniejszych skał. Pomiędzy nimi występują kotlinowate poszerzenia dolin, w których rozwinęły się rozległe równie akumulacyjne osadów fluwialnych.

Badane rzeki cechują się według Dynowskiej (1972) niewyrównanym reżimem hydrologicznym z wezbraniem wiosennymi, letnimi i zimowymi oraz deszczowo-grunto-śnieżnym zasilaniem. W okresie prac badawczych, tj. w latach 1997–2000, w zlewniach Wisłoki i Jasiołki 11 razy doszło do znaczących stanów wezbraniowych. Powodzie te były związane z letnimi, 2–3 dniowymi, intensywnymi opadami oraz z gwałtownymi wiosennymi roztopami pokrywy śnieżnej, przy równoczesnych opadach deszczu. W analizowanym czteroletnim okresie badawczym zaznaczyła się pewna prawidłowość w stanach wezbraniowych, które czterokrotnie nastąpiły w kwietniu oraz lipcu. Największe przepływy były notowane w kwietniu 1998 r. ($Q = 151 \text{ m}^3/\text{s}$) oraz w kwietniu 2000 r. ($Q = 116 \text{ m}^3/\text{s}$). Średnie roczne przepływy Jasiołki za ostatnie 40-lecie zamykają się w przedziale $3,5 \div 5,5 \text{ m}^3/\text{s}$, a przepływy wód niskich nie przekraczają wartości $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Wielkie powodzie zdarzają się w Beskidzie Niskim co kilkadziesiąt lat. Dla przykładu, podczas powodzi w 1980 r. przepływ na Jasiołce wyniósł $Q = 159 \text{ m}^3/\text{s}$, a największe karpaccie wezbranie z 1927 r. charakteryzowało się przepływem $Q = 294 \text{ m}^3/\text{s}$ (dane dla wodowskazu Zboiska k. Dukli).

Analizowane odcinki Wisłoki i Jasiołki to koryta zwirodonne, w których są deponowane aluwia żwirowe z domieszką głazów, a sedymentacja piaszczysta zachodzi jedynie lokalnie.

Prace terenowe i metodyka badań

Obserwacje terenowe zostały przeprowadzone w strefie korytowej i pozakorytowej rzek w okresie od 1997 do 2000 r. Badaniem został objęty teren od miejscowości Jasiel do miasta Dukli na rzece Jasiołce oraz od Radocyny

*Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; dominix@interia.pl

do Nowego Żmigrodu na rzece Wisłoce. Łączna długość analizowanych dolin rzecznych w Beskidzie Niskim wyniosła ok. 72 km. Obserwacji dokonano w 117 punktach dokumentacyjnych. Dla wybranych odcinków badanych rzek obserwacje terenowe dokonano kilkakrotnie, bezpośrednio po większych powodziach.

Dokumentowano kształt i litologię form depozycyjnych metodą szczegółowego kartowania w skali 1:100. Morfologię koryta i strefy przykorytowej rejestrowano dla wybranych fragmentów odcinków rzeki po każdej znaczącej powodzi. Graficznie ewidencjonowano zmianę linii brzegowej koryt, tempo przyrostu bocznego i pionowego odsypów, zmiany ich kształtów oraz ewolucję nowo powstałych form. Wykonano pomiary wielkości ziaren oraz stopnia obtoczenia klastów występujących na powierzchniach odsypów. Dla wybranych odcinków wykonano niwelację koryta w celu dokładnego określenia spadku dna.

Zebrany materiał terenowy był podstawą do przeprowadzenia klasyfikacji dużych form depozycyjnych w korytach rzek. Na podstawie materiałów kartograficznych oraz zdjęć lotniczych obliczono współczynniki krętości poszczególnych odcinków koryta. Biorąc pod uwagę parametry spadku i krętości, a także jakościowy charakter procesów akumulacji i erozji, wydzielono różne typy koryt rzecznych. Analiza przestrzennego następstwa typów koryt oraz dominujących typów odsypów w korycie była podstawą do skonstruowania modelu regularnej, powtarzalnej zmienności stylu depozycji fluwialnej postępującej z biegiem rzeki górskiej.

Klasyfikacja form odsypowych

Współczesna akumulacja osadów w rzece górskiej występuje w korycie oraz poza korytem. Z uwagi na niewielką częstotliwość występowania form depozycji pozakorytowej, w niniejszym artykule skoncentrowałem się na efektach depozycji korytowej. Podstawową formą osadów korytowych jest odsyp. Odsyp (łacha) to znaczne nagromadzenie osadów klastycznych w korycie rzeczonym, którego wymiary porównywalne są z szerokością koryta. Odsypy są dużymi formami akumulacyjnymi, różnych kształtów. Powstają w trakcie dużych powodzi poprzez pionowe nadbudowywanie i rozrastanie na boki, przeważnie wzdłuż osi koryta.

Klasyfikację form odsypowych w badanych rzekach oparłem na podstawie następujących cech: pozycja w korycie, kształt odsypu oraz wielkość ziaren budujących go osadów.

Pozycja w korycie. Odsypy podzielono na centralne oraz boczne. Do odsypów centralnych (śródkorytowych) zaliczam formy położone w poszerzonym odcinku koryta, w jego środkowej lub zbliżonej do środka części. Odsyp centralny ma główną oś zgodną z osią koryta i opływany jest z obu stron przez nurt, podczas średnich stanów wód w rzece.



Ryc. 1. Teren badań
Fig. 1. Study area

Druga grupa odsypów to odsypy boczne (zwane też przybrzeżnymi), występujące wzdłuż brzegu. Są to formy kontaktujące z brzegiem koryta. Przy średnich stanach wód odsypy te są opływane nurtem rzeczonym tylko od jednej strony, od strony osi koryta.

Kształt. Kształt to główne kryterium klasyfikacji odsypów. Wydzielono pięć odmian kształtu odsypu: podłużny, językowy, listwowy, półksiężycowy oraz zakolowy. Ich dokładna charakterystyka przedstawiona jest poniżej.

Wielkość ziarna. Osady budujące odsypy w badanych rzekach składają się niemal wyłącznie z frakcji żwirowej, rzadziej gładzowej oraz sporadycznie piaskowej. Dokonano podziału odsypów na: gładzowe, żwirowo-gładzowe, żwirowe oraz żwirowo-piaszczyste.

Charakterystyka typów odsypów

1. **Odsyp podłużny** należy do grupy odsypów centralnych (ryc. 2, 3). Odsypy podłużne mają długość od 15 do 170 m i szerokość od 5 do 60 m. Osiągają wysokość od 0,6 do 1,5 m. Występują w odcinkach rzeki o małej i średniej krętości ($1,1 \leq s_n \leq 1,4$). Nie są formami stabilnymi i w trakcie kolejnych wezbrań ulegają zmianie. Położenie ich zmienia się wskutek erozji w części podprądowej oraz zaprądowej przyrastanie zgodnie z kierunkiem nurtu rzeki. Odsypy podłużne są najczęściej zbudowane ze żwirów. Są to żwiry gruboziarniste o zwartym szkielecie ziarnowym z domieszką żwirów średnio- i drobnoziarnistych oraz piasku i pojedynczych gładzów. W górnych odcinkach analizowanych rzek sporadycznie występują niewielkie odsypy podłużne, w których dominują gładze.

2. **Odsyp językowy** występuje najczęściej pojedynczo jako drugorzędna forma depozycyjna na odsypach podłużnych, półksiężycowych oraz zakolowych (ryc. 2). Odsypy językowe mają długość od 10 do 70 m i szerokość

kryterium criterion	pozycja w korycie position in channel	kształt shape			osad deposit
		typ type	plan planform	rozmiary dimension	
odsyp bar	centralny medial	podłużny longitudinal		$3 < l/w < 5$ $0,6 \text{ m} < h < 1,5 \text{ m}$	żwirowy, żwirowo-piaszczysty gravel, gravel & sand
		językowy linguoid		$3 < l/w < 7$ $0,4 \text{ m} < h < 2,2 \text{ m}$	żwirowo-piaszczysty gravel & sand
	boczny side	listwowy ribbon		$4 < l/w < 8$ $0,6 \text{ m} < h < 1,2 \text{ m}$	żwirowy, glazowy, żwirowo-glazowy gravel, boulder, gravel & boulder
		półksiężycowy lunate		$3 < l/w < 5$ $0,8 \text{ m} < h < 2,4 \text{ m}$	żwirowy, żwirowo-piaszczysty, żwirowo-glazowy gravel, gravel & sand, gravel & boulder
		zakolowy point		$2 < l/w < 3$ $1,2 \text{ m} < h < 2,8 \text{ m}$	żwirowy, żwirowo-piaszczysty gravel, gravel & sand

od 3 do 15 m. Osiągają wysokość od 0,4 m do 2,2 m. Występują w odcinkach rzeki o małej, średniej jak i dużej krętości ($1,1 \leq s_n \leq 1,8$). Odsypy językowe są formami mało stabilnymi i w trakcie kolejnych wezbrań ulegają przemo-



Ryc. 3. Odsyp podłużny w korycie Wisłoki koło Nieznajowej. Odcinek zaprzelomowy zdominowany akumulacją
Fig. 3. Longitudinal bar in the Wisłoka channel near Nieznajowa. The river reach downstream to gorge is dominated by accumulation



Ryc. 4. Odsyp półksiężycowy zakotwiczony do wewnętrznego brzegu łagodnego zakola i erozyjne podcięcie brzegu zewnętrznego. Widok zgodny z kierunkiem przepływu. Cergowa, dolina Jasiołki
Fig. 4. Lunate bar attached to inner bank of gentle bend. Erosional scarp is incised along the outer bank. The view is downstream. Cergowa, the Jasiołka valley

delowywaniu. Ich wydłużony kształt zmienia się poprzez przyrost zgodnie z kierunkiem przepływu. W części zaprzelomowej są znacznie szersze niż w części podprzelomowej. Mają charakter mikrodelt z silnie stromym skłonem w części zaprzelomowej, który zapada pod kątem naturalnego zsypu żwiru pod wodą (tj. 20–30°). Odsypy językowe są zbudowane ze żwirów. Tworzą je żwiru grubo- i średnio-

Ryc. 2. Wydzielone typy odsypów górskiej rzeki żwirowej
Fig. 2. Bar types of mountain gravel-bed river



Ryc. 5. Odsyp zakolowy w strefie przedprzelomowej w dolinie Wisłoki przed Krempaną. Widok zgodny z kierunkiem przepływu
Fig. 5. Point bar developed in the river reach upstream to gorge. The view is downstream. Krempana, the Wisłoka valley



Ryc. 6. Przedprzelomowy odcinek Jasiołki w Trzcianie. Widok przeciwny do kierunku przepływu. Wraz z biegiem rzeki wzrasta krętość koryta i pojawiają się duże odsypy zakolowe
Fig. 6. Jasiołka reach upstream to gorge near Trzciana. The view is upstream. Note successive increasing of channel sinuosity and frequency of point bars in downstream direction

ziarniste o zwartym szkielecie ziarnowym z domieszką żwirów drobnoziarnistych oraz piasku. Osady budujące odsypy językowe są warstwowane przekątnie, w przeciwieństwie do pozostałych typów odsypów, których osady mają strukturę masywną. W analizowanych korytach są to formy bardzo powszechne.

3. **Odsyp listwowy** to wydłużone nagromadzenie osadu w kształcie soczew. Należą do grupy odsypów bocznych (ryc. 2). Występują najczęściej pojedynczo, choć spotykane są również formy złożone. Odsypy listwowe mają długość od 40 do 120 m i szerokość od 10 do 15 m. Ich powierzchnia zawsze wychodzi ponad średni poziom wód. Osiągają wysokość od 0,6 do 1,2 m. Tworzą się na odcinkach rzeki o bardzo małej krętości ($1,1 \leq sn \leq 1,2$). Odsypy listwowe są formami stabilnymi, w trakcie kolejnych wezbrań ich kształt i położenie w korycie nie zmienia się. Odsypy listwowe są najczęściej zbudowane ze żwirów i głazów. Tworzą je żwiry gruboziarniste o zwartym szkielecie ziarnowym z domieszką żwirów średnio- i drobnoziarnistych. Ponadto można wyróżnić odsypy, w których dominują głazy. Grubszy materiał znajduje się w centralnych, najwyższych częściach odsypu. W korytach badanych rzek są to formy powszechne.

4. **Odsyp półksiężycowy** należy do grupy odsypów bocznych. Występują przy wewnętrznych brzegach łagodnych zakoli (ryc. 2, 4). Odsypy półksiężycowe mają długość od 30 do 300 m i szerokość od 10 do 100 m. Osiągają wysokość od 0,8 do 2,4 m. Tworzą się na odcinkach koryta o średniej krętości ($1,3 \leq sn \leq 1,5$). Na ich powierzchniach występują liczne drugorzędne formy erozyjne, np. kanały i nisze, a także drugorzędne formy depozycyjne, np. odsypy językowe. Odsypy półksiężycowe nie są formami stabilnymi, w trakcie kolejnych wezbrań ich kształt i rozmiary ulegają zmianie poprzez boczny przyrost osadu. Są najczęściej zbudowane ze żwirów, choć zaobserwowano na ich powierzchni dominację głazów, szczególnie w bliskim sąsiedztwie osuwisk. Najczęściej odsypy półksiężycowe tworzą żwiry gruboziarniste o zwartym szkielecie ziarnowym, z domieszką żwirów średnio- i drobnoziarnistych oraz pojedynczych głazów. W analizo-

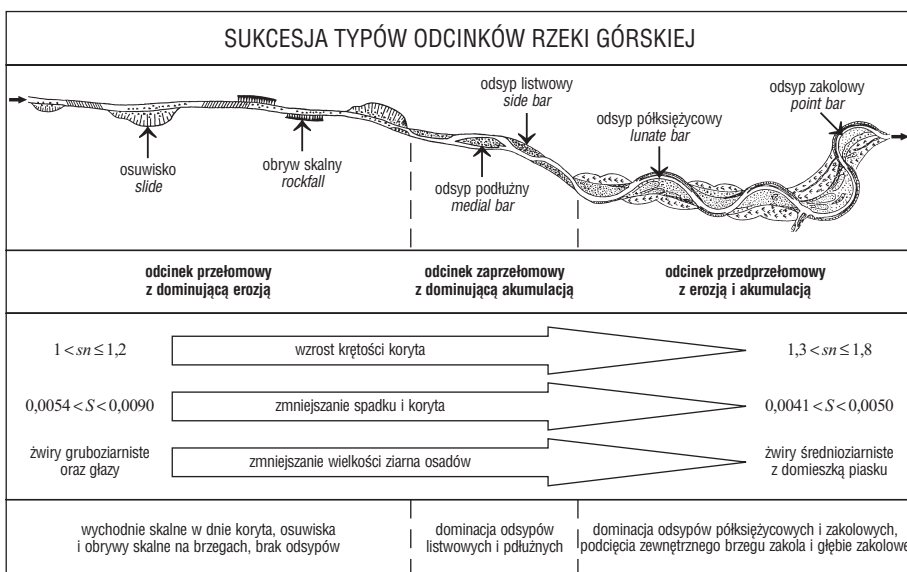
wanych korytach rzecznych należą do form bardzo powszechnych.

5. **Odsyp zakolowy** to nagromadzenie osadu w strefie zakoli o dużych krzywiznach. Odsyp ma kształt półkolisty i jest przytwierdzony do wewnętrznego brzegu koryta (ryc. 2, 5). Ponadto jeden i drugi brzeg odsypu jest łukowo wygięty w tym samym kierunku. Odsypy zakolowe mają długość od 40 do 260 m i szerokość od 20 do 130 m. Osiągają wysokość od 1,2 do 2,8 m. Tworzą się na odcinkach koryta o dużej krętości ($1,6 \leq sn \leq 1,8$). Na ich powierzchni, podobnie jak w odsypach półksiężycowych, występują drugorzędne formy erozyjne oraz depozycyjne. W przeciwieństwie do odsypów półksiężycowych, odsypy zakolowe są formami bardziej stabilnymi. W trakcie wezbrań ich kształt nie ulega większej zmianie, ich powierzchnia natomiast jest przemodelowywana poprzez procesy erozyjne i depozycyjne. Odsypy zakolowe są zbudowane ze żwirów. Najczęściej tworzą je żwiry grubo- oraz średnioziarniste o zwartym szkielecie ziarnowym, z domieszką żwirów drobnoziarnistych oraz piasków. Są to formy bardzo częste w badanych odcinkach koryt rzecznych.

Klasyfikacja odcinków koryt

Klasyfikacja ta została oparta na podstawie następujących cech: częstości występowania typów odsypów, częstości występowania zjawisk erozji, krętości i spadku koryta oraz uziarnienia aluwii (tab. 1). W analizowanych rzekach wyróżniłem trzy typy odcinków koryt rzecznych: z dominującą erozją, z dominującą akumulacją oraz z zachodzącą erozją i akumulacją.

1. **Koryto z dominującą erozją.** W tych odcinkach koryt cechą charakterystyczną jest brak odsypów oraz powszechne występowanie korytowych form erozyjnych. Typową cechą jest też występowanie ruchów masowych wzdłuż odcinków tych koryt. Najczęściej są to osuwiska zwietrzelin skalnych. Zjawiska te rozwinięte są w obrębie koluwiów składających się z beładnie przemieszanych fragmentów rumoszu skalnego: piaskowców, mułowców, iłowców i rogowców, rozproszonych wśród glin piaszczystych i ilastych. Wysokość nisz osuwiskowych wynosi od 5



Ryc. 7. Model przestrzennej zmienności koryta rzeki górskiej (sn — krętość koryta; S — spadek koryta)

Fig. 7. Spatial succession of mountain river reaches (sn — channel sinuosity; S — channel slope)

do 30 m, a szerokość od 15 do 300 m. Długość jezorów osuwiskowych nie przekracza 60 m, najczęściej wynosi ok. 40 m. Do koryta dostarczane są ostrokrawędziste okruchy piaskowców o rozmiarach dochodzących do 180 cm oraz mułowce i iłowce o rozmiarach do 50 cm.

Oprócz osuwisk notowano też obrywy skalne. Obrywy skalne są rozwinięte w wychodniach skał zwięzłych, silnie spękanych tektonicznie. Są to najczęściej pakiety naprzemianległych piaskowców, mułowców i iłowców. Długość obrywów skalnych, dochodzi do 80 m, a ich wysokość do 20 m. U ich podnóża gromadzą się zwaliska rumoszu skalnego: piaskowce ostrokrawędziste o rozmiarach dochodzących do 150 cm oraz mułowce i iłowce do (40 cm).

Odcinki zdominowane erozją mają długość od 700 do 1500 m i szerokość od 10 do 40 m. Spadki koryta są duże (0,0054 do 0,0090). Koryto rzeki jest niemal prostolinijne lub o bardzo małej krętości ($1,0 \leq sn \leq 1,2$). Odcinki te występują w wąskiej dolinie o stromych zboczach — w przełomach dolinnych. Dno koryta to wychodnia skalna lub bruk korytowy.

2. Koryto z dominującą akumulacją. W odcinkach tych zdecydowanie przeważa akumulacja nad erozją (ryc. 7). Odcinki te mają długość od 300 do 500 m i szerokość od 15 do 80 m. Spadki są pośrednie między małymi a dużymi (0,0044 do 0,0065). Koryto rzeki jest mało kręte ($1,1 \leq sn \leq 1,4$). Osady korytowe to żwiry i głązy. Występują tam głównie odsypy listwowe oraz podłużne, wśród których wyraźnie dominują listwowe. Odcinki te znajdują się bezpośrednio poniżej przełomowych odcinków zdominowanych erozją — są to odcinki zaprzelomowe.

3. Koryto z zachodzącą erozją i akumulacją. W odcinkach tych dochodzi do równoczesnych procesów erozji i akumulacji. Odcinki te mają długość od 750 do 1000 m i szerokość od 40 do 140 m. Spadki są małe (0,0041 do 0,0050), wzrastają jednak bezpośrednio przed kolejnym przełomem.

Krętość koryta jest średnia i duża i z reguły współczynnik krętości sn wzrasta wraz z biegiem rzeki od 1,3 do 1,8. Osady budujące ten odcinek rzeki to przede wszystkim żwiry, sporadycznie głązy. Występują tam odsypy półksiężycowe, rzadziej zakolowe oraz językowe (ryc. 6, 7). Brak jest natomiast odsypów listwowych.

W odcinku tym występuje zarówno erozja boczna oraz denna, gdyż koryto wcięte jest w rozległą równię aluwialną. Powszechną formą erozji bocznej są podcięcia zewnętrznego brzegu zakola, którym towarzyszą głębie zakolowe jako formy erozji dennej. Podcięcia zewnętrznego brzegu zakola mają długość od 20 do 360 m i osiągają wysokość do 5 m (ryc. 4). Głębie zakolowe osiągają długość podobną jak podcięcia zewnętrznego brzegu, natomiast ich głębokość dochodzi nawet do 2,2 m.

Omawiany typ koryta z reguły występuje powyżej odcinka przełomowego i dlatego nazywam je odcinkiem przedprzełomowym.

Model przestrzennego zróżnicowania procesów fluwialnych

Przeanalizowano zmienność typów odcinków koryt w zależności od rzeźby podłoża fliszowego w bezpośrednim otoczeniu doliny. Za odcinkiem przełomowym, zdominowanym procesami erozji, następuje zawsze odcinek zdominowany depozycją korytową. Za nim, z kolei, znajduje się zazwyczaj odcinek, gdzie współdziałały procesy erozji jak i depozycji (przedprzełomowej). Potem sukcesja ta się powtarza. W sumie, w badanych biegach Wisłoki i Jasiołki zarejestrowano 12 takich sukcesji, które stanowią ponad 40% długości tych rzek, tj. ok. 33 km (ryc. 1). Na Wisłocze wyróżniono 7 sukcesji (19 km), na Jasiołce natomiast 5 sukcesji (14 km). Zmienność parametrów spadku i krętości koryta jest wyraźnie uzależniona od typu odcinka rzeki. I tak, począwszy od odcinka przełomowego przez zaprzelomowy do przedprzełomowego, spadki koryta regularnie maleją (od 0,0090 do 0,0041), a wzrasta ich krętość (od 1,0 do 1,8).

Długość i szerokość koryta.

Najdłuższym odcinkiem w sukcesji typów koryt rzeki górskiej jest odcinek przełomowy. Jest to równocześnie najwęższe koryto w omawianej sukcesji. Najkrótszym odcinkiem jest odcinek zaprzelomowy. Ostatnim odcinkiem opisywanej sukcesji jest odcinek przedprzełomowy, który charakteryzuje się najszerzym korytem. Badane rzeki cechują się tym, że ich odcinki przełomowe mają przeciętnie takie same długości jak odcinki leżące w kotlinach (tj. odcinki zaprzelomowe i przedprzełomowe łącznie). Najmniejsza szerokość koryta odcinków przełomowych wynika ze „skrępowania” rzeki wychodniami skalnymi zboczy doliny. Wraz z biegiem rzeki szerokość koryta stopniowo wzrasta w

Tab. 1. Zależności pomiędzy typem koryta, jego długością, szerokością, spadkiem i krętością, a także typem odsypów, rodzajem erozji oraz uziarnieniem aluwii

Table 1. Relationships between type, width, slope, sinuosity of channels, bars, erosional forms and deposit grain size

odcinek	zaprzelomowy z dominującą erozją	zaprzelomowy z dominującą akumulacją	przedprzełomowy z zachodzącą erozją i akumulacją
długość odcinka (l); szerokość koryta (w)	700 < l < 1500 m, średnio 1250 m; 10 < w < 40 m	300 < l < 500 m, średnio 460 m; 15 < w < 80 m	750 < l < 1000 m, średnio 800 m; 40 < w < 140 m
spadek (S)	0,0054 < S < 0,0090	0,0044 < S < 0,0065; średnio 0,71 S odcinka przełomowego	0,0041 < S < 0,0050; średnio 0,61 S odcinka przełomowego
krętość koryta (sn)	1,0 < sn ≤ 1,2	1,1 ≤ sn ≤ 1,4	1,3 < sn ≤ 1,8
typy odsypów	brak	listwowy, podłużny, językowy	półksiężycowy, zakolowy, językowy
natężenie i rodzaj erozji	intensywna erozja; erozja denna i boczna	mała erozja	średnia erozja; erozja boczna, podrzędnie erozja denna
uziarnienie aluwii	żwiry gruboziarniste oraz głązy	żwiry gruboziarniste z domieszką żwirów średnioziarnistych, strefowo głązy	żwiry grubo- i średnioziarniste z domieszką żwirów drobnoziarnistych i piasku oraz sporadycznie głązy

zaprzelomowym odcinku zdominowanym akumulacją, by największe wartości osiągnąć w odcinku, gdzie akumulacja dużych odsypów bocznych następuje równocześnie z boczną erozją przeciwnych brzegów koryta (odcinek przedprzelomowy).

Spadek koryta (*S*). Największe spadki zostały stwierdzone w odcinkach przelomowych i mieszczą się w przedziale od 0,0054 do 0,0090. W odcinku zaprzelomowym spadki wyraźnie maleją w stosunku do odcinka przelomowego i wynoszą od 0,0044 do 0,0065, średnio 0,71 spadku odcinka przelomowego. Najmniejsze spadki występują w odcinku przedprzelomowym i mieszczą się w przedziale od 0,0041 do 0,0050, średnio 0,61 spadku odcinka przelomowego.

Krętość koryta (*sn*). Najmniejsza krętość koryta jest w odcinku przelomowym, w którym dominuje erozja ($1,0 < sn \leq 1,2$). W warunkach rzeki o dużym spadku, gdzie jest duże natężenie erozji dennej, koryto przyjmuje przebieg niemal prostoliniowy. W odcinku zaprzelomowym, w którym dominuje akumulacja, krętość koryta wzrasta w stosunku do odcinka przelomowego i wynosi $1,1 \leq sn \leq 1,4$. Intensywna akumulacja bocznych odsypów listwowych i centralnych odsypów podłużnych wpływa jedynie nieznacznie na wzrost krętości koryta, co potwierdza dotychczasowe wyniki badań Karcza (1972), Smitha (1974) i Schwartza (1978). Według klasyfikacji Rusta (1978) koryta odcinków zaprzelomowych zaliczają się do grupy koryt o małej krętości. Największa krętość koryta jest w odcinku przedprzelomowym, w którym zachodzą równocześnie procesy erozji i akumulacji ($1,3 \leq sn \leq 1,8$). Wynika to z równoczesnego działania procesów akumulacji dużoskalowych, bocznych odsypów półkieszycowych i zakolowych oraz erozji bocznej na przeciwnych brzegach koryta. Rzeka na tych odcinkach kwalifikuje się do klasy koryta przejściowego i mocno krętego (Rust, 1978; Miall, 1996). Według współczynnika krętości niektóre odcinki przedprzelomowe można już za rzekę meandrującą, gdy oba pozostałe odcinki badanej sukcesji (tj. przelomowy i zaprzelomowy) to typowa rzeka roztokowa (por. Schumm, 1981; Bluck, 1987).

Typy odsypów. W odcinku przelomowym brak jest odsypów. Przestrzenna sukcesja form odsypowych zaczyna się w odcinku zaprzelomowym, gdzie dominuje akumulacja. W odcinku tym występują głównie odsypy listwowe oraz podłużne. Wraz z biegiem rzeki, gdzie zaczynają zachodzić równoczesne procesy erozji i depozycji, występują głównie odsypy półkieszycowe i zakolowe (ryc. 7).

Natężenie i rodzaj erozji. Odcinki przelomowe zdominowane są erozją denną i boczną. W odcinkach zaprzelomowych erozja jest bardzo mała, dominuje w nich przede wszystkim akumulacja. Najniższe przedprzelomowe odcinki rzek są zdominowane erozją boczną tarasów oraz erozją denną prowadzącą do powstania głębi przy zewnętrznych brzegach zakoli.

Uziarnienie aluwiów. Najbardziej gruboziarniste aluwia stwierdzono w odcinkach przelomowych. Są to żwiru gruboziarniste, wśród których występują głazy dochodzące do 150 cm. W odcinkach zaprzelomowym dominują żwiru gruboziarniste z domieszką żwirów średnioziarnistych. Duży udział głazów stwierdzono w górnych częściach tych odcinków, leżących bezpośrednio poniżej odcinka przelomowego. Wyraźne zmniejszanie się

wielkości ziarna osadu następuje w odcinku przedprzelomowym, w którym deponowane są głównie żwiru grubo- oraz średnioziarniste z domieszką żwirów drobnoziarnistych oraz piasków. Ponadto w odcinku tym sporadycznie stwierdzano występowanie głazów i to tylko w odsypach półkieszycowych.

Wnioski

1. W żwirowodnych rzekach górskich Beskidu Niskiego wyróżniono pięć głównych typów odsypów: podłużny, językowy, listwowy, półkieszycowy oraz zakolowy.

2. Biorąc pod uwagę morfologię koryt oraz zróżnicowanie procesów depozycji i erozji rzecznej, wydzielono trzy typy koryt rzecznych: z dominującą erozją, z dominującą akumulacją oraz z zachodzącą erozją i akumulacją.

3. Wzdłuż biegów rzek poszczególne typy koryta następują po sobie w określonej, nieprzypadkowej kolejności. Są to sukcesje typów koryta. Po zdominowanym erozją odcinku przelomowym następuje zawsze odcinek zdominowany akumulacją aluwiów (odcinek zaprzelomowy). Ten z kolei przechodzi w odcinek rzeki z istniejącą akumulacją i erozją, który znajduje się przed następnym przelomem (odcinek przedprzelomowy).

4. Poszczególne cechy morfologii i sedymentologii fluwialnej zmieniają się w sposób regularny w obrębie wydzielonej sukcesji typów koryta rzeki. Wraz z jej biegiem stopniowo wzrasta krętość koryta oraz maleje wielkość ziarna deponowanych aluwiów. Równocześnie stwierdzono określone następstwo typów odsypów: odsypy listwowe i podłużne wraz z biegiem rzeki zastąpione zostają odsypami półkieszycowymi, a te z kolei — odsypami zakolowymi w dolnym odcinku każdej sukcesji.

5. Styl sedymentacji fluwialnej jest ściśle uzależniony od morfologii otoczenia doliny (tj. budowy geologicznej podłoża) i powtarza się cyklicznie wzdłuż biegu typowej rzeki beskidzkiej (ryc. 7).

Literatura

- BLUCK B.J. 1987 — Bedforms and clast size changes in gravel-bed rivers. [In:] K.S. Richards (Ed.), River Channels: Environment and Process. Institute of British Geographers, Spec. Publ. Ser., 17: 159–178.
- DYNOWSKA I. 1972 — Typy reżimów rzecznych w Polsce. Z. Nauk. UJ, 268; Pr. Geogr., 28: 155.
- GRADZIŃSKI R., KOSTECKA A., RADOMSKI A. & UNRUG R. 1986 — Zarys sedymentologii. Wyd. Geol.
- KARCZ I. 1972 — Sedimentary structures formed by flash floods in southern Israel. Sediment. Geol., 7: 161–182.
- MIALL D. 1996 — The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology. Springer (Berlin).
- RUST B.R. 1978 — A classification of alluvial channel systems. [In:] A.D. Miall (ed.), Fluvial sedimentology. Canad. Soc. Petrol. Geol. Mem., 5: 187–198.
- SCHUMM S.A. 1981 — Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications. [In:] F.G. Ethridge & R.M. Flores (eds.) — Non-marine depositional environments: models for exploration. Soc. Econom. Paleont. Mineral., Spec. Publ. 31: 19–29.
- SCHWARTZ D.E. 1978 — Hydrology and current orientation analysis of a braided to meandering transition: the Red River in Oklahoma and Texas. [In:] A.D. Miall (ed.), Fluvial Sedimentology. Canad. Soc. Petrol. Geol. Mem., 5: 231–255.
- SMITH N.D. 1974 — Sedimentology and bar formation in the upper Kicking Horse River, a braided outwash stream. J. Geol., 82: 205–223.
- ZIELIŃSKI T. 1998 — Litofacyjna identyfikacja osadów rzecznych. [In:] E. Mycielska-Dowgiałło — Struktury sedymentacyjne i postedymentacyjne w osadach czwartorzędowych i ich wartość interpretacyjna. Warszawa: 195–257.