

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. XLVIII, 10

SECTIO B

1993

Zakład Geologii Instytutu Nauk o Ziemi UMCS
i Państwowy Instytut Geologiczny

Marian HARASIMIUK, Jan RZECHOWSKI, Wojciech SZWAJGIER

**Wpływ ruchów neotektonicznych na warunki rozwoju równi zalewowej i koryta
Bugu w Obniżeniu Dubienki (Polesie Zachodnie)**

*Influence of Tectonic Movements on the Development Conditions of the Floodplain and Channel of the Bug
River in the Dubienka Depression (Western Polesie, Eastern Poland)*

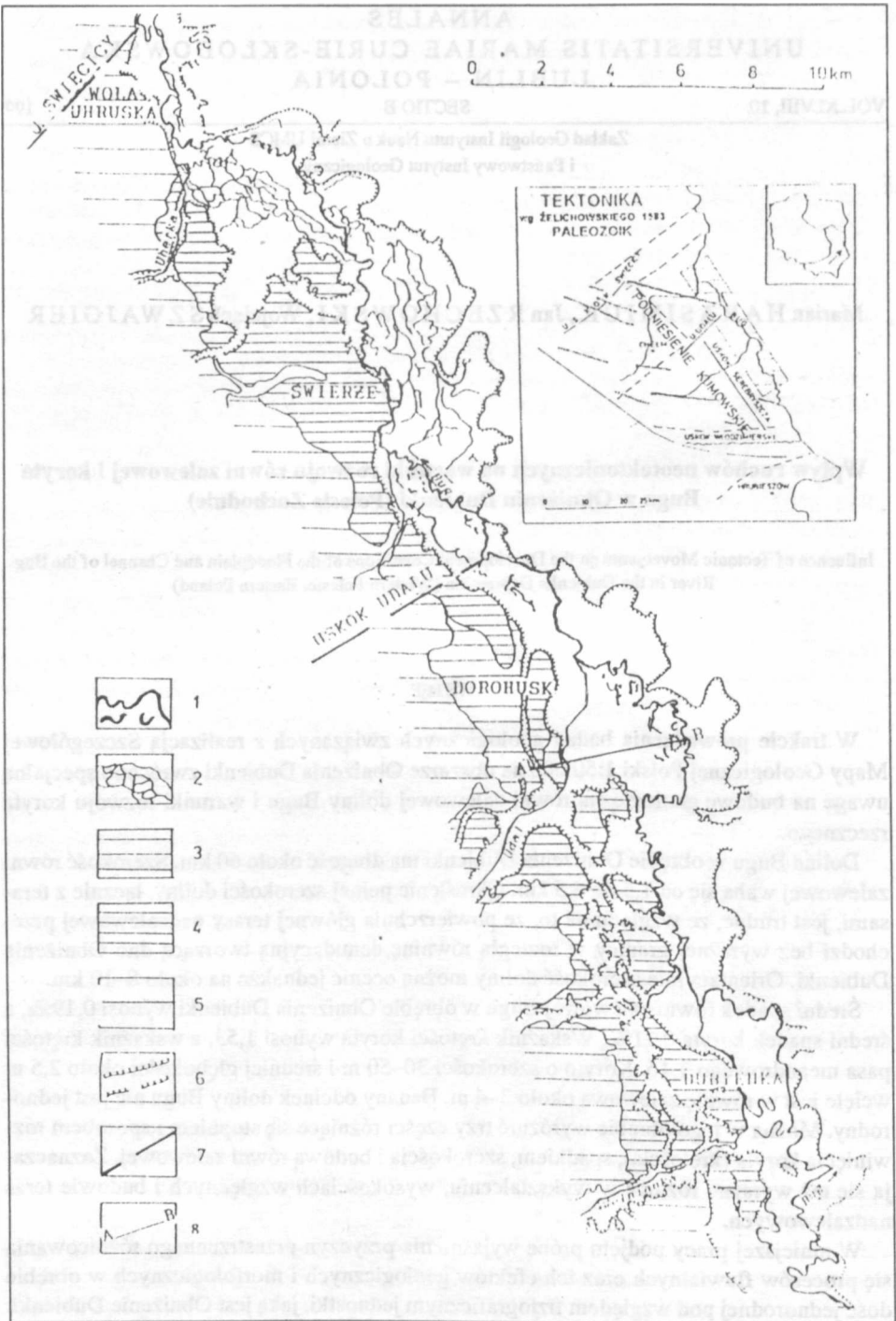
WSTĘP

W trakcie prowadzenia badań geologicznych związanych z realizacją Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000 na obszarze Obniżenia Dubienki zwrócono specjalną uwagę na budowę geologiczną równi zalewowej doliny Bugu i warunki rozwoju koryta rzecznego.

Dolina Bugu w obrębie Obniżenia Dubienki ma długość około 60 km. Szerokość równi zalewowej waha się od 1,5 do 4,5 km. Określenie pełnej szerokości doliny, łącznie z terasami, jest trudne, ze względu na to, że powierzchnia głównej terasy nadzalewowej przechodzi bez wyraźnej granicy w rozległą równinę denudacyjną tworzącą dno Obniżenia Dubienki. Orientacyjnie szerokość doliny można ocenić jednakże na około 8–10 km.

Średni spadek równi zalewowej Bugu w obrębie Obniżenia Dubienki wynosi 0,19‰, a średni spadek koryta 0,11‰. Wskaźnik krętości koryta wynosi 1,53, a wskaźnik krętości pasa meandrowego 1,16. Koryto o szerokości 30–50 m i średniej głębokości około 2,5 m wcięte jest w równię zalewową około 3–4 m. Badany odcinek doliny Bugu nie jest jednorodny. Można w jego obrębie wyróżnić trzy części różniące się stopniem i sposobem rozwinięcia koryta (krętością), spadkiem, szerokością i budową równi zalewowej. Zaznaczają się też wyraźne różnice w wykształceniu, wysokościach względnych i budowie teras nadzalewowych.

W niniejszej pracy podjęto próbę wyjaśnienia przyczyn przestrzennego różnicowania się procesów fluwialnych oraz ich efektów geologicznych i morfologicznych w obrębie dość jednorodnej pod względem fizjograficznym jednostki, jaką jest Obniżenie Dubienki.



ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Obniżenie Dubienki leży w obrębie prekambryjskiej platformy wschodnioeuropejskiej. W planie tektonicznym paleozoiku tej jednostce fizjograficznej prawie dokładnie odpowiada rozległy, złożony zrąb zwany Podniesieniem Kumowskim (A. M. Żelichowski 1974, 1983). Jest on ograniczony od południa i południowego zachodu tak zwanym uskokiem włodzimierskim, który ma raczej charakter zespołu dyslokacji o szerokości kilku kilometrów (W. Pożaryski 1974). Północno-zachodnią granicę Podniesienia Kumowskiego wyznacza strefa dyslokacyjna Świącicy, gdzie amplituda dyslokacji w obrębie paleozoiku przekracza nawet 1000 m. Jednostka ograniczona wielkimi strefami tektonicznymi o charakterze regionalnym (uskok włodzimierski) i subregionalnym (uskok Świącicy) nie jest jednorodna. Przecinają ją podrzędne dyslokacje, o wyraźnie mniejszych amplitudach zrzutów – uskoki Udału o kierunku SW-NE oraz uskoki Serebryszcza o kierunku w przybliżeniu równoległym do doliny Bugu (SE-NW) – biegnący około 10–12 km na zachód od doliny Bugu (ryc. 1). W rezultacie takiego układu dyslokacji głównych i podrzędnych Podniesienie Kumowskie składa się z co najmniej czterech bloków o rozmiarach w przybliżeniu 20 x 20 km.

Analiza danych geologicznych wskazuje, że w obrębie Podniesienia Kumowskiego przejawiała się stała tendencja do ruchów podnoszących o względnym zróżnicowaniu przestrzennym ich tempa i rozmiarów. Paleozoiczny plan strukturalny jest w przybliżeniu powtórzony przez układ dyslokacji czytelny w pokrywie mezozoicznej. Analiza miąższości skał poszczególnych ogniw kredy górnej w granicach Podniesienia Kumowskiego pozwala na stwierdzenie, że bloki wschodnie cechują się nieco większym tempem ruchów dźwigających od bloków tworzących zachodnią część Podniesienia. W obrębie części wschodniej blok południowy podnoszony jest bardziej niż blok północny (M. Harasimiuk, J. Rzechowski, W. Szwałgiel w druku).

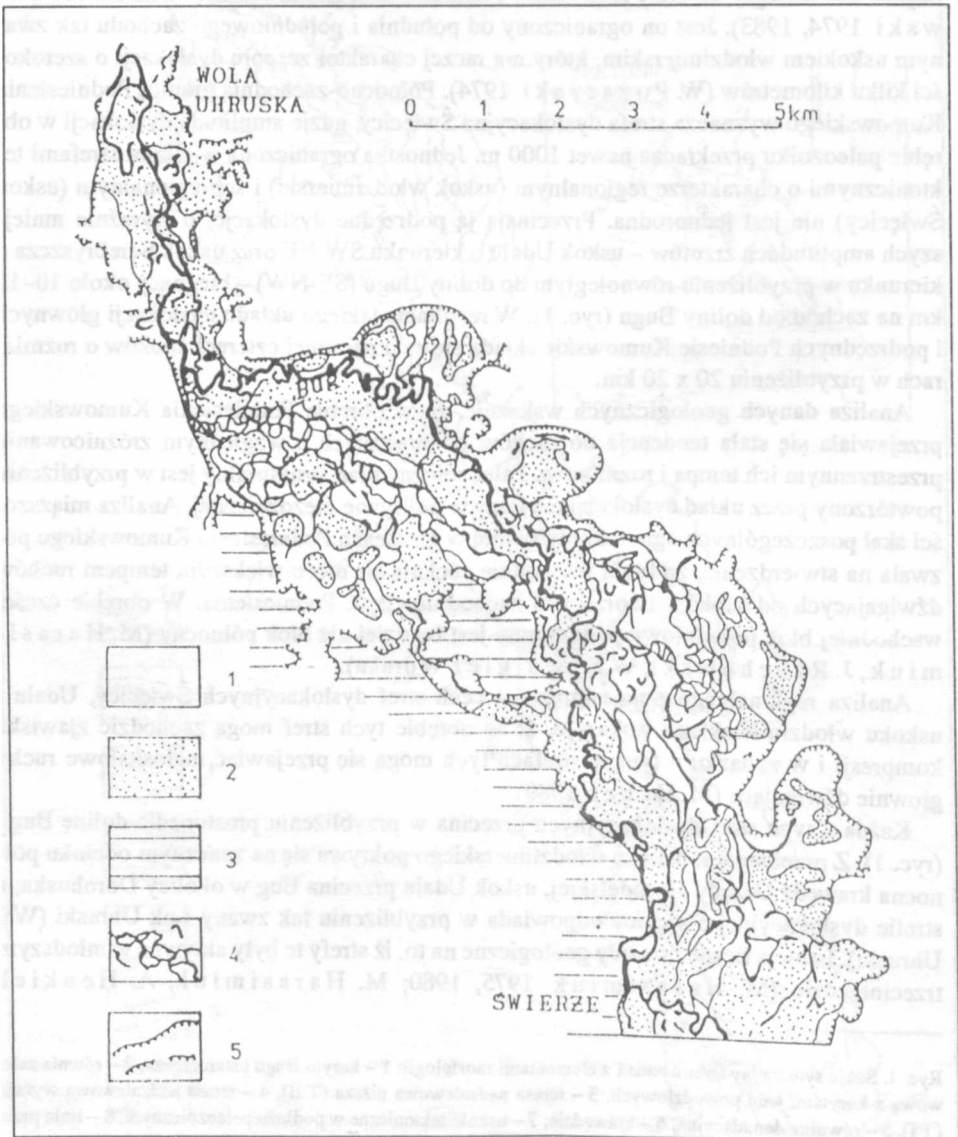
Analiza regionalnego pola naprężeń i cech stref dyslokacyjnych Świącicy, Udału i uskoku włodzimierskiego wskazuje, że w obrębie tych stref mogą zachodzić zjawiska kompresji i w związku z tym w strefach tych mogą się przejawiać małoskalowe ruchy głównie dźwigające (M. Haber 1989).

Każda z tych stref dyslokacyjnych przecina w przybliżeniu prostopadle dolinę Bugu (ryc. 1). Z przebiegiem uskoku włodzimierskiego pokrywa się na znacznym odcinku północna krawędź Grzędy Horodelskiej, uskoki Udału przecina Bug w okolicy Dorohuska, a strefie dyslokacyjnej Świącicy odpowiada w przybliżeniu tak zwany Łuk Uhruski (Wał Uhruski). Istnieją liczne dowody geologiczne na to, iż strefy te były aktywne w młodszym trzeciorzędzie (M. Harasimiuk 1975, 1980; M. Harasimiuk, A. Henkiel

Ryc. 1. Szkic sytuacyjny terenu badań z elementami morfologii: 1 – koryta Bugu i starorzecza, 2 – równia zalewowa z korytami wód powodziowych, 3 – terasa nadzalewowa niższa (T II), 4 – terasa nadzalewowa wyższa (T I), 5 – równia denudacyjna, 6 – krawędzie, 7 – uskoki tektoniczne w podłożu paleozoicznym, 8 – linia przekroju A-B

Situation sketch of the study area with morphology elements: 1 – Bug river channel and oxbows; 2 – floodplain with channels of flood waters, 3 – lower accumulation terrace (T II), 4 – higher accumulation terrace (T I), 5 – denudation plain, 6 – scarps, 7 – tectonic faults in the Paleozoic basement, 8 – A-B cross-section line

1979; A. Henkiel 1983; J. Buraczyński, J. Wojtanowicz 1980/81; K. Wy-
rwicka 1987), a wiele dowodów pośrednich (zmiany facjalne i miąższościowe osadów
czwartorzędowych, układ sieci dolinnej) wskazuje, że i w czwartorzędzie zachodziły tu



Ryc. 2. Główne elementy rzeźby dna doliny Bugu w N części Obniżenia Dubienki: 1 – niższa terasa zalewowa, 2 – wyższa terasa zalewowa, 3 – terasa nadzalewowa wyższa, 4 – system koryt powodziowych, 5 – krawędzie
Main relief elements of the bottom of the Bug river valley in the north part of the Dubienka Depression; 1 – lower flood terrace, 2 – higher flood terrace, 3 – higher accumulation terrace, 4 – pattern of flood channels, 5 – scarp

potomne ruchy, być może o charakterze relaksacyjnym związane z transgresjami i regresjami łądolołów (J. Liszkowski 1975).

CECHY MORFOLOGICZNE RÓWNI ZALEWOWEJ

Południowa część Obniżenia Dubienki o długości około 22 km cechuje się spadkiem równi zalewowej 0,21‰. Koryto ma charakter meandrujący, ale meandry są bardzo nieregularne, zarówno pod względem kształtu, jak i wielkości. Średni promień meandrów wynosi około 130 m. Pas meandrowy o szerokości od 300 m do około 600 m przejawia tendencję do gwałtownego przerzucania się z jednej strony doliny na drugą. W planie koryta zaznacza się tendencja do anastomozowania wyraźniejsza w dolnej strefie tego odcinka i wygasająca w górę. W świetle klasyfikacji J. C. Brice i in. (1978) mamy tu do czynienia z pierwszym stopniem anastomozowania (5–10% odcinków anastomozujących) i typem „b” rozwoju koryta, czyli koryta z odcinanymi pętlami meandrów, miejscami przechodzącymi w typ „c”, czyli w kręte ramiona z wypjami anastomozującymi o długości dochodzącej do kilkuset metrów. Tylko pojedyncze meandry w tym odcinku cechują się charakterystycznym zespołem mezoforn wskazującym na tendencję do bocznej migracji.

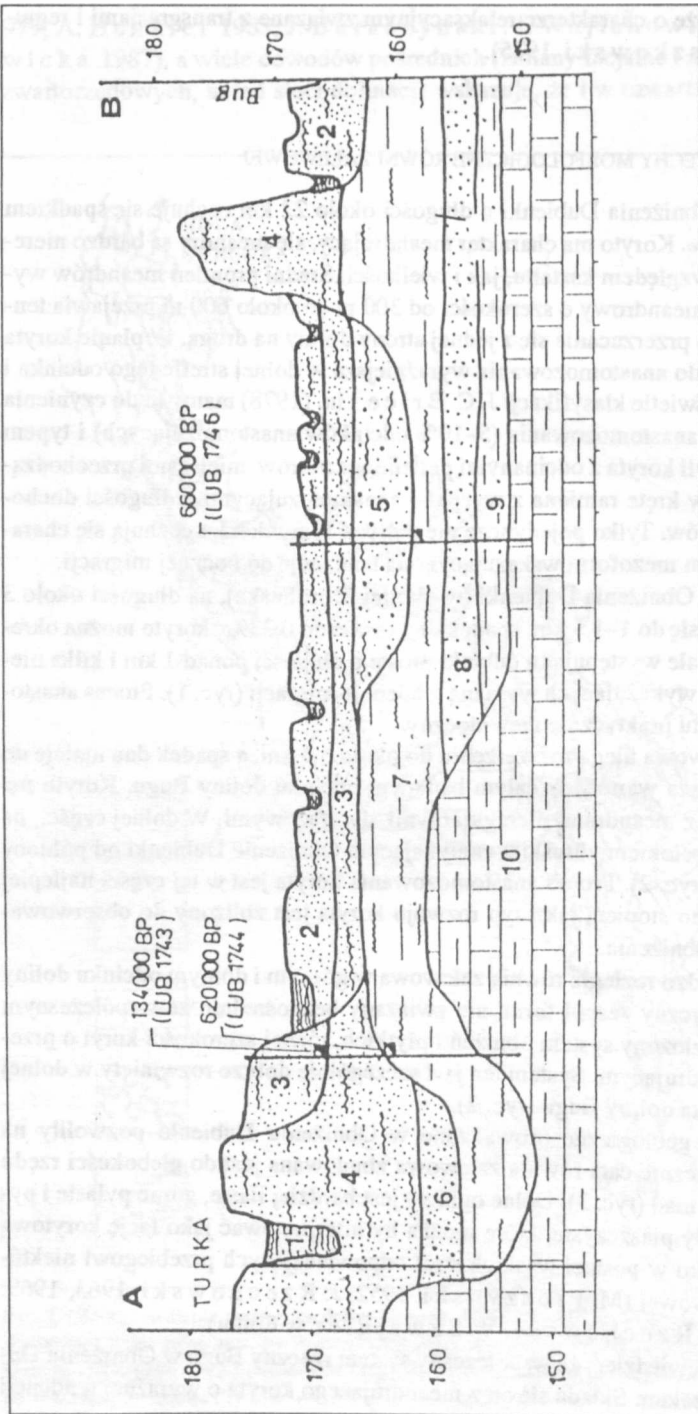
W części środkowej Obniżenia Dubienki (w okolicy Dorobuska), na długości około 3 km dolina Bugu zwęża się do 1–1,5 km, spadek dna rośnie do 0,33‰, koryto można określić ogólnie jako kręte, ale występują tu odcinki proste o długości ponad 1 km i kilka nieregularnych meandrów wykazujących wyraźną tendencję migracji (ryc. 1). Proces anastomozowania koryta jest tu praktycznie niewidoczny.

Poniżej równia zalewowa ulega rozszerzeniu do około 3,5 km, a spadek dna maleje do 0,14‰ i jest to najniższa wartość w całym badanym odcinku doliny Bugu. Koryto ma charakter meandrujący z meandrami nieregularnymi, dwufazowymi. W dolnej części, na odcinku 2 km przed przełomem ubruskim zamykającym Obniżenie Dubienki od północy meandry są słoczone (ryc. 2). Proces anastomozowania koryta jest w tej części najlepiej zaznaczony, ale zarówno stopień, jak i typ rozwoju koryta jest zbliżony do obserwowanych w górnej części Obniżenia.

Pozornie płaska, bardzo rozległa równia zalewowa w górnym i dolnym odcinku doliny wykazuje charakterystyczny zespół form, nie związany bezpośrednio ze współczesnym korytem Bugu. Jest to złożony system obniżień i płytkich, różnej szerokości koryt o przebiegu krętym lub meandrującym. System ten jest szczególnie dobrze rozwinięty w dolnej części badanego odcinka doliny Bugu (ryc. 2).

Szczegółowe prace geologiczne prowadzone w Obniżeniu Dubienki pozwoliły na stwierdzenie, że praktycznie cała równia zalewowa zbudowana jest do głębokości rzędu 5–6 m z dwudzielnych mad (ryc. 3). Dolne ogniwo jest bardziej ilaste, górne pylaste i pylasto-piaszczyste. Osady piaszczyste, które można by interpretować jako fację korytową występują rzadko i tylko w postaci wąskich stref odpowiadających przebiegowi niektórych koryt równi zalewowej (M. Prószyński 1952; J. Rzechowski 1963, 1969; M. Harasimiuk, J. Rzechowski, W. Sz waj g i e r w druku).

Tak więc możemy powiedzieć, że współczesny system rzeczny Bugu w Obniżeniu Dubienki ma złożony charakter. Składa się on z meandrującego koryta o wyraźnej tendencji



Ryc. 3. Schematyczny przekrój przez zachodnią część doliny Bugu w okolicy Turki: holocen: 1 – wypełnienie koryt powodziowych i starorzeczy, 2 – mady pylasto-piaszczyste równi zalewowej; zlodowacenie północnopolskie: 3 – piaski i piaszki mułkowane terasy II; interglacjal eemski: 4 – mułki i piaszki rzeczne terasy I; interglacjal mazowiecki: 5 – piaski i piaszki ze żwirami, piaszki mułkowane; interglacjal ferdynandowski: 6 – piaski ze żwirami rzeczne; zlodowacenie południowopolskie: 7 – mułki i ility jeziorne; interglacjal podlaski: 8 – piaski, piaszki ze żwirami rzeczne; preglacjal: 9 – ility margliste ze żwirami rezidualne; mastrycht doliny: 10 – margle ziarniste. Schematic cross-section of the western part of the Bug river valley near Turka Holocene: 1 – infilling of flood channels and oxbows, 2 – silty-sandy "mats" of floodplain; North-Polish Glaciation: 3 – sands and muddy sands of terrace II; Eemian Interglacial: 4 – fluvial muds and sands of terrace I; Mazovian Interglacial: 5 – sands and sands with gravels, muddy sands; Ferdynandów Interglacial: 6 – fluvial sands with gravels; South-Polish Glaciation: 7 – lacustrine muds and clays; Podlaskie Interglacial: 8 – fluvial sands and sands with gravels; Preglacial: 9 – residual marly clays with gravels; Lower Maestrictian: 10 – marls

do anastomozowania oraz z wielokorytowego, anastomozująco-meandrującego systemu koryt równi zalewowej czynnych w czasie powodzi.

WARUNKI ROZWOJU RÓWNI ZALEWOWEJ I KORYTA W DOLINIE BUGU

Wśród wielu geomorfologów i geologów zajmujących się w ostatnich 10 latach problematyką rozwoju systemów rzecznych panuje dość zgodny pogląd, że koryta anastomozujące należy wyróżniać jako odrębny typ rozwinięcia. Koryta takie rozwijają się jako przejaw adaptacji systemu rzeczego do malejącego spadku dna doliny. Szczególnie podatne na rozwój tego typu systemów są rzeki o obciążeniu zawieszinowym (D. G. Smith, P. E. Putnam 1980; D. G. Smith 1983; B. R. Rust, G. C. Nanson 1986; G. Pickup, G. Allan 1988; A. Teisseyre 1992). D. G. Smith (1986), B. R. Rust (1978) i inni uważają, że rozwój systemów anastomozujących jest niezależny od warunków klimatycznych i najczęściej związany jest z obszarami o wyraźnie zaznaczającej się subsydenencji. Tendencja do anastomozowania może być traktowana według tych autorów jako adaptacja do lokalnie zmniejszonego spadku w obrębie systemu meandrującego lub roztokowego.

Pod względem hydrologicznym na przekroju w Dorohusku Bug cechuje się: średnim przepływem rocznym około 50 m³/sek; przepływem minimalnym 11,4 m³/sek (XII 1984) i maksymalnym 273 m³/sek (III 1982). Przepływy SSQ (średnie charakterystyczne) dla przekroju w Dorohusku wynoszą: dla kwietnia – 80,5 m³/sek, dla września 34,7 m³/sek. Charakterystyczne są duże spadki odpływów letnich (co jest typowe dla klimatu o cechach kontynentalnych), zasilanie roztopowe, wczesnowiosenne powodzie, bardzo często zatorowe, o stromych falach (J. Dynowska 1972; Z. Michalczyk 1986).

W świetle danych z literatury, głównie dotyczących rzek kanadyjskich (D. G. Smith 1983) i australijskich (G. Pickup, G. Allan 1988) takie cechy hydrologiczne powodują, że rzeka jest podatniejsza na rozwój systemów anastomozujących.

Tendencja do procesów transformacji koryta z meandrującego w anastomozujące pojawia się w Obniżeniu Dubienki powyżej stref dyslokacyjnych przecinających dolinę poprzecznie i oddzielających bloki o różnym tempie ruchów podnoszących (ryc. 1). Znaczna szerokość stref dyslokacyjnych i ich złożoność mogą warunkować pojawianie się w ich obrębie niewielkich bloków wypiętrzanych. Szczególnie wyraźnie czytelne są efekty transformacji powyżej Wału Uhruskiego (ryc. 2), dla którego dobrze udokumentowana jest aktywność trzeciorzędowa, w tym także plioceńska.

Analiza zespołu form dna doliny i jej budowy geologicznej wskazują, że występują tu także współcześnie ruchy blokowe o zróżnicowanej w mezoskali amplitudzie. Wyraźna jest też zależność intensywności anastomozowania i różnic w spadku między sąsiadującymi odcinkami dna doliny.

Cechą charakterystyczną w badanym odcinku jest to, że przy stanach od średnich do pełnokorytowych tendencja anastomozowania jest umiarkowana – rzeka w tych warunkach funkcjonuje w miarę sprawnie. Natomiast w warunkach powodziowych szczególnie uwidacznia się niesprawność transportowa koryta rzeczego. Dopiero wykształcenie się

wielokorytowego systemu przepływu wód powodziowych na równi zalewowej zapewnia sprawniejszy przepływ wód i osadów.

W dolinie Bugu czytelna jest wielofazowość i wielopiętrowość rozwoju systemu anastomozującego. Proces rozpoczyna się już w fazie zbliżonej do stanu pełnokorytowego – następuje ścinanie meandrów pojedynczych i ścinanie łuków pasa meandrowego (awulsja). W następnej fazie wody wkraczają w obszar równi zalewowej i erodują nowe trasy przepływu o parametrach geometrycznych zupełnie odmiennych od parametrów koryta Bugu.

Za główną przyczynę pojawiania się odcinków o tendencji do anastomozowania uznajemy zachodzące w holocenie i współcześnie ruchy tektoniczne. Powodują one lokalne zmiany spadku dna doliny i zwężenia o charakterze przełomów, co warunkuje też pojawianie się tendencji do powodzi zatorowych.

LITERATURA

- Brice J. C., Bloodget J. C. et al. 1978; Countermeasures for hydraulic problems at bridges. Fed. High. Adm. Rep. FHWA-RD-78-162, 1-2, Washington.
- Buraczyński J., Wojtanowicz J. 1980/81; Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000 arkusz Świerże-Okopy, Wyd. Geol. Warszawa.
- Dynowska I. 1972; Typy reżimów rzecznych w Polsce. *Zesz. Nauk. UJ*, nr 268. *Prz. Geogr.* z. 28, Pr. Inst. Geogr.
- Haber M. 1989; Dwa przekroje geofizyczne SW-NE w rejonie Chełma Lubelskiego. *Kwartalnik Geol.*, 33, 3/4, Warszawa.
- Harasimiuk M. 1975; Rozwój rzeźby Pagórów Chełmskich w trzeciorzędzie i czwartorzędzie. *Prace Geogr. IG PAN*, Nr 115, Warszawa
- Harasimiuk M. 1980; Rzeźba strukturalna Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. UMCS, Lublin.
- Harasimiuk M., Henkiel A. 1979; Neogeńskie rowy tektoniczne w okolicy Chełma. *Przegląd Geol.*, t. XXVII, z. 2, Warszawa.
- Harasimiuk M., Rzechowski J., Sz wajgier W.; Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000 arkusz Dubienka. Warszawa (w druku).
- Henkiel A. 1983; Tektonika [W:] *Kenozoik Lubelskiego Zagłębia Węglowego*. UMCS, Lublin.
- Liszkowski J. 1975; Wpływ pionowych ruchów skorupy ziemskiej na kształtowanie się warunków hydrogeologicznych wodonośców szczelinowych. [W:] *Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce*. T. 1, *Materiały I Krajowego Sympozjum*, Warszawa.
- Michalczyk Z. 1986; Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. UMCS Lublin.
- Pickup G., Allan G. 1988; History, Palaeochannels and Palaeofloods of the Finke River, Central Australia. *Fluvial Geomorphology of Australia*.
- Prószczyński M. 1952; Spostrzeżenia geologiczne z dorzecza Bugu. *Biul. PIG* 65, Warszawa.
- Pożaryski W. 1974; Podział obszaru Polski na jednostki tektoniczne. [W:] *Budowa geologiczna Polski IV*, Tektonika 1, Warszawa.
- Rzechowski J. 1963; Młodo czwartorzędowe osady Bugu w okolicy Dubienki. *Ann. UMCS, sec. B*, vol. XVI, 2.
- Rzechowski J. 1969; Facje młodo czwartorzędowe aluwii dorzecza środkowego Bugu. *Kwartalnik Geol.* t. XII, z. 1, Warszawa.
- Rust B. R. 1978; A classification of alluvial channel systems. [In:] *Fluvial sedimentology*. A. D. Miall (Red.) Mem. 5, Canadian Soc. Petrol. Geol. Calgary.

- Rust B. R., Nanson G. C. 1986; Contemporary and Palaeochannel patterns and the late Quaternary Stratigraphy of Cooper Creek, Southwest Queensland, Australia. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 11.
- Smith D. G. 1983; Anastomosed fluvial deposits: modern examples from Western Canada. *Spec. Publ. Int. Ass. Sedim.*, 6.
- Smith D. G. 1986; Anastomosing river deposits, sedimentation rates and basin subsidence, Magdalena River, northwestern Colombia, South America. *Sedimentary Geology*, 46.
- Smith D. G., Putnam P. E. 1980; Anastomosed river deposits: Modern and ancient examples in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 17, 10.
- Teisseyre A. 1992; Anastomozowanie rzek a paleogeografia czwartorzędu. *Spraw. z Postępu Kom. Nauk PAN*, T. 34/1-2.
- Wyrwicka K. 1987; Przekrój geologiczny łuku Uhruska. *Kwart. Geol.*, t. 30, nr 3/4.
- Żelichowski A. M. 1974; Struktury epok tektonicznych bajkalskich, kaledońskich i waryscyjskich. *Obszar wyniesiony platformy wschodniej. Obszar radomsko-lubelski. Budowa geologiczna Polski*, t. IV. Tektonika 1.
- Żelichowski A. M. 1983; *Atlas geologiczno-surowcowy obszaru lubelskiego*. Inst. Geol. Warszawa.

SUMMARY

Studies of the development conditions of the floodplain and channel of the Bug river were carried out in the middle part of its valley – within the Dubienka Depression. This region in a southern part of the Western Polesie and neighbours with the Lublin Upland from the south.

With respect to tectonics, the Dubienka Depression lies on a clearly distinguished Paleozoic horst – Kumów Elevation. From the south this unit is delimited by a large tectonic zone of regional significance – Włodzimierz Fault. From the north the Kumów Horst is delimited by Święcica Fault of 1000 m vertical slip. These dislocations cross the Bugs river valley almost perpendicularly. Geological data indicate that in this area, in the successive tectonic phases during the Mesozoic and Cainozoic, uplift movements occurred which were relatively differentiated as regards their rate and range. Compression within the dislocation zones could determine the occurrence of subordinate small blocks with uplift tendencies.

The Bug river valley in the Dubienka Depression is divided into three distinctly different parts. In the southern part (to Dorohusk) the gradient of the floodplain is 0.21‰. Its width reaches 4 km. The channel is meandering with anastomosing tendency, which is particularly distinct in the lower part of this section. Irregular meanders are developed within the meandrous belt 300 to 600 m wide. The meandrous belt shows a tendency of rapid changes from one side of the valley to the other.

In its middle part (3 km long) the Bug river valley becomes narrower to 1.0–1.5 km, its gradient increases to 0.33‰. The channel is sinuous, with straight reaches up to 1 km long, and with single irregular meanders.

In the lower part the gradient of the floodplain decreases to 0.14‰. The channel is strongly meandering, in the lower part – before the Uhrusk gorge closing the Dubienka Depression from the north – the meanders are very close. The anastomosing tendency is also very distinct.

The extensive floodplain in the upper and lower section is built of bipartite silty and silty-clayey "mada" up to 5–6 m thick.

On the surface of the floodplain depressions and channels of different width are distinct and from a complicated anastomosing-meandering pattern which is better developed in the lower section.

Therefore, the present fluvial system within the Dubienka depression consists of the meandering channel with anastomosing tendency, and of the multi-channel anastomosing-meandering pattern of the floodplain active only during floods. The tendency of the channel to transform from meandering to anastomosing appears in the Dubienka Depression up-stream of the dislocation zones cutting transversely the valley. The transformation results are especially distinct up-stream of the Święcica Fault for which the Pliocene and Quaternary activity has been evidenced. The dependence of anastomosing intensity of the Bug river channel and flood channel system on the gradient differences between the particular valley parts is distinct.

The present Bug river channel, at its medium water level to full channel state, has a limited anastomosing tendency. In flood conditions a transport inefficiency of the channel appears. The multi-channel system of flood water flow provides more efficient discharge of water and suspended load.

In the Bug river valley the anastomosing system is seen to develop many phases and levels. This process starts in the phase of almost full channel state – single meanders are cut as well as bends of the meander belt (avulsion). In the next phase waters enter into the floodplain area and erode new flow ways of geometric parameters quite different from those of the Bug river channel.

We think that the main cause of occurrence of the anastomosing reaches are tectonic movements. They generate local changes of the valley bottom gradient, narrowings of gorge type which determine the tendency of jam flood occurrence.