

**Konstantin M. Berkowicz**

Państwowy Uniwersytet Moskiewski im. Łomonosowa, Moskwa

Adres do korespondencji: berkovitch@yandex.ru

---

## Warunki nawigacyjne na odcinku rzeki Kamy pomiędzy zaporami Wotkińską a Niżnie-Kamską (Rosja)

### Navigation conditions at the Kama river reach between the Wotkinsk and Nizhny-Kama dams (Russia)

---

**Streszczenie:** System zbiorników o ułożeniu kaskadowym pozwala na wykorzystanie spiętrzonego odcinka jako drogi wodnej, przy czym ważne jest, żeby kaskada nie była przerwana, czyli żeby cofka niżej położonego zbiornika sięgała do wyżej położonej zapory. W analizowanym w artykule systemie kaskadowym rzeki Kamy istnieje odcinek, w którym nie doszło do spiętrzenia zwierciadła wody, ponieważ niżej położony zbiornik nie został zapełniony do projektowanej rzędnej. Odcinek koryta swobodnego ma długość 150 km i zachodzą w jego obrębie złożone procesy fluwialne. Poniżej zapory Wotkińskiej ma miejsce intensywna erozja wgłębna o wartości średniej 9 cm na rok. 57-80 km poniżej zapory występuje odcinek zmiennego spiętrzenia, zależnego od wysokości piętrzenia niżej położonego zbiornika Niżnie-Kamskiego. Na tym odcinku zachodzi depozycja rumowiska wlezonego, która osiągnęła do chwili obecnej miąższość 0,9 m. W celu utrzymania głębokości koryta umożliwiającej żeglugę (3,3 m) niezbędne jest prowadzenie prac bagrowniczych, osiagających objętość 18 tys. m<sup>3</sup> na 1 km koryta na rok. Zmiany poziomów piętrzenia na obydwu stopniach wodnych w półroczu zimowym są ponadto przyczyną pochodzenia lodu oraz zatorów lodowych, które dodatkowo zwiększają objętość akumulowanego rumowiska.

**Abstract:** A system of reservoirs arranged into a cascade provides conditions favourable for navigation. It is important, however, that the cascade remains uninterrupted, i.e. that the backwater of the lower located reservoir reaches the dam located above. In the cascade system of the Kama river there is a reach, which has not been elevated due to the fact that the lower located reservoir had not been filled enough to reach the planned level. The free-flowing reach is 150 km long and exemplifies complex fluvial processes. Below the Wotkinsk dam, intensive erosion occurs with an average rate of 9 cm a year. There is a reach that stretches 57-80 km below the dam, where water elevation fluctuates in relation to the water level in the lower located Nizhny-Kama reservoir. It is within this reach that bed load is accumulated, thickness of which has reached 0.8 m. In order to maintain the depth allowing for navigation (3.3 m), intensive dredging must be carried out. Moreover, fluctuation of water levels at both dams in winter season causes ice drifting and jams, which further add to the bed load accumulated.

**Słowa kluczowe:** erozja denną, odcinek zmiennego spiętrzenia zwierciadła wody, procesy fluwialne

**Key words:** bed erosion, fluctuating backwater zone, fluvial processes

Zbiorniki retencyjne spełniają bardzo różne funkcje: produkcja energii elektrycznej, ograniczenie przyływu maksymalnego, ochrona przeciwpowodziowa, zapewnienie zaopatrzenia w wodę i nawadnianie. Tworzenie kaskady zbiorników uznaje się za ważny środek kształtowania głębokich dróg wodnych na rzekach. Jednak ważne jest, aby kaskada była ciągła (nie-

przerwana), tzn. żeby cofka niżej położonego zbiornika sięgała wyżej usytuowanej zapory.

Wołga i Kama – największe rzeki europejskiej części Rosji – na znacznej długości stanowią kaskady zbiorników. Są jednak dwa odcinki, w których nie ma spiętrzenia poziomu wody. Przyczyną tego stanu rzeczy jest to, że niżej położone zbiorniki nie były napełnione

(z różnych powodów) do rzędnej przewidzianej w projekcie. Jednym z takich miejsc jest dolne stanowisko zapory w Niżnym Nowgorodzie, drugim – dolne stanowisko stopnia wodnego Wotkińskiego na rzece Kamie. Pierwszy jest powszechnie znany ze względu na duże trudności żeglugi na Wołdze na podejściu do śluzy i w obrębie samej śluzy. Głębokość wystarczająca dla przejścia statków czasem utrzymywana jest tylko przez 2-3 godziny w ciągu doby. Odcinek ten został szczegółowo zbadany oraz opisany w pracach profesora R. Frolowa (2003). Jako rozwiązanie problemu zaproponowano utworzenie dodatkowej zapory o niskim piętrzeniu, poniżej istniejącego stopnia. Zgodnie z projektem, miała ona podnieść poziom wody i przez to zwiększyć głębokość na progu śluzy. Innym rozwiązaniem byłoby podwyższenie poziomu niżej położonego zbiornika Czoboksarskiego, ale to zagrażałoby zatopieniem dużych obszarów, łącznie z terenem miasta Niżny Nowgorod.

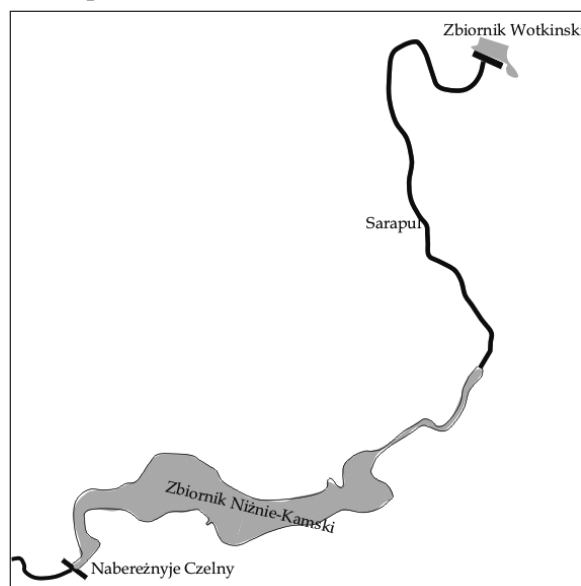
Podobne problemy występują na kolejnej ważnej dla transportu drodze wodnej – rzece Kamie, którą transportowana jest duża ilość ładunków sypkich – sól potasowa, węgiel, rudy, materiały budowlane. Po wystąpieniu trudności ekonomicznych w połowie lat 90. XX wieku, trudno było utrzymywać głębokość nawigacyjną – 330 cm. W końcu lat 80. kubatura prac bagrowniczych wynosiła 18 tys. m<sup>3</sup> na 1 km drogi wodnej na rok, natomiast w roku 1999 zmniejszyła się 8-9-krotnie w związku z ograniczeniem finansowania prac bagrowniczych przez rząd (drogi wodne, podobnie jak w przeszłości, stanowią własność Skarbu Państwa).

Przepływ rzeki Kamy jest regulowany przez dwa zbiorniki zlokalizowane w górnym biegu rzeki: Kamski (z zaporą w Permie) oraz Wotkiński. Pierwszy wybudowano w 1953 roku, drugi napełniono w latach 1961-1966. Pełna objętość tych zbiorników wynosi w sumie 21,6 km<sup>3</sup>, a objętość użytkowa 12,9 km<sup>3</sup>, co odpowiada 39% i 23% rocznej objętości przepływu. Obecność zbiorników pozwala na sezonową, tygodniową oraz dobową regulację przepływu. W wyniku regulacji przepływ wiosną zmniejszył się z 61% do 45%, a zimą wzrósł z 8,5% do 23% odpływu rocznego.

Koryto Kamy poniżej stopnia wodnego Wotkińsk po 1966 roku uległo znacznej transformacji w wyniku oddziaływania czynników

charakterystycznych dla dolnych stanowisk zbiorników: dobowej zmienności przepływu, sezonowej regulacji przepływu i osadzania rumowiska w zbiorniku.

W 1979 roku został napełniony zbiornik Niżnie-Kamski (ryc. 1). Wody Kamy spiętrzone zaporą o wysokości 20 m, zlokalizowaną w 260 km od ujścia Kamy, czyli 280 km poniżej zapory Wotkińskiej. Zgodnie z projektem rzędna górnego stanowiska miała wynosić 68 m n.p.m., zaś piętrzenie miało sięgnąć zapory Wotkińskiej. Napełnienie jednak zatrzymano na rzędnej niższej o 6 m od projektowanej, ze względu na znaczne przewidywane straty w obrębie obszarów, które miały zostać zatopione. Pod wodami zbiornika znalazłoby się ponad 70 tys. hektarów gruntów wykorzystywanych rolniczo i liczne osiedla, które należałoby przenieść w inne miejsca. Ponadto doszłoby do zatopienia wielu pomników archeologicznych, zabytków historycznych, parków przyrodniczych. Szkody gospodarcze wyniosłyby 1 mld 300 mln rubli (ponad 30 mln euro).



Ryc. 1. Zbiorniki Wotkiński i Niżnie-Kamski na rzece Kamie

źródło: Opracowanie własne

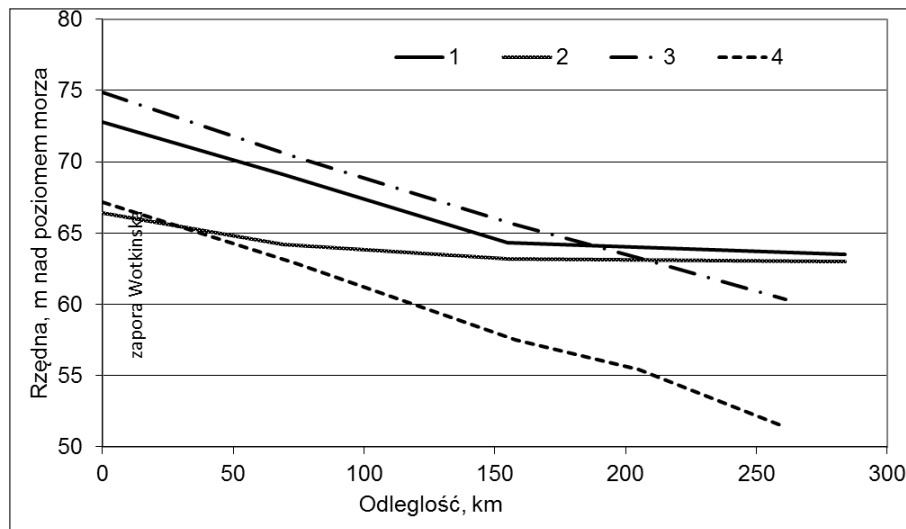
Fig. 1. Wotkinski and Nihny-Kama reservoirs on the Kama river

source: Author's own study

W związku z niezrealizowaniem projektowanej rzędnej piętrzenia na odcinku rzeki o długości ponad 150 km (ryc. 1) występują procesy korytowe, charakterystyczne dla dolnych stanowisk zbiorników zaporowych: intensywna erozja wgłębna poniżej tamy, przekształcanie form korytowych, erozja brzegów.

Kama to duża rzeka, której maksymalny zmierzony przepływ osiągnął  $18\,800\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  (1914 rok). Średni roczny przepływ w dolnym stanowisku zapory Wotkińskiej wynosi  $1750\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ , a w ciągu całego roku przez zaporę przepływa aż  $55\text{ km}^3$  wody. Średni maksymalny

przepływ obliczono na  $9000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . W warunkach naturalnych spadek rzeki w tym regionie wynosił  $0,053\text{‰}$  w trakcie wezbrania i  $0,063\text{‰}$  w czasie trwania niżówki. Średnia średnica ziarna dla prób osadów dennych nie przewyższała w warunkach naturalnych  $0,2\text{--}0,3\text{ mm}$ .



Ryc. 2. Profile podłużne zwierciadła wody Kamy poniżej zapory Wotkińskiej  
1, 2 – współczesne w okresie wezbrania i niżówki; 3, 4 – w warunkach naturalnych (sprzed regulacji)  
źródło: Opracowanie własne

Fig. 2. Longitudinal profiles of the Kama river water surface below the Wotkinsk dam  
1, 2 - at present, during high and low water periods; 3, 4 - prior to regulatory works  
source: Author's own study

Zlewnia górnej Kamy obejmuje regiony, w których natężenie erozji gleb nie jest znaczne, czego efektem była niska, w warunkach naturalnych, mętność rzeki. Roczny odpływ jednostkowy zawiesiny przed regulacją rzeki wynosił około  $10\text{--}13\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$ . Średnia roczna mętność wynosiła  $70\text{--}80\text{ g/m}^3$ , a roczny odpływ zawiesiny  $2\text{--}2,5$  mln ton. Obecnie (po regulacji) Kama transportuje na badanym odcinku  $1,6$  mln ton rumowiska unoszonego rocznie. Zdolność transportowa przepływu w stosunku do materiału wlezonego szacuje się na  $470\text{--}500$  tysięcy ton.

Napełnienie zbiornika Wotkińskiego następuje od kwietnia do czerwca, a opróżnianie w okresie grudzień-marzec, w związku z tym najwyższy poziom piętrzenia, osiągający przy zaporze  $6\text{ m}$ , jest obserwowany w maju-czerwcu. Średni maksymalny przepływ w czasie zrzutu wody w okresie wiosennym wynosi  $6500\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ , maksymalny natomiast  $9500\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . Podczas niskich stanów wody przepływy wahają się od  $1000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  do  $3000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . Powoduje to sezonowe wahania poziomu wody w dolnym stanowisku zapory

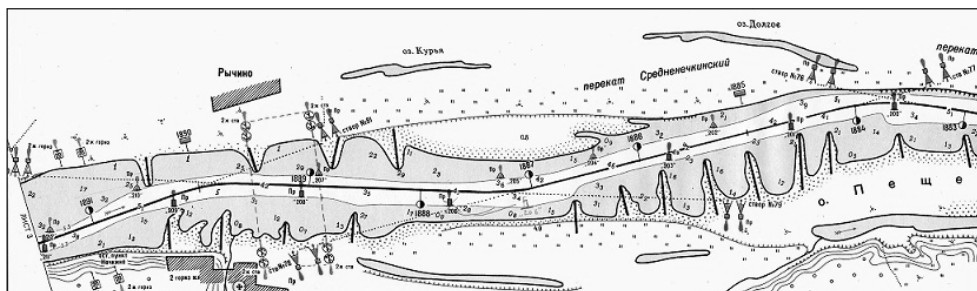
Wotkińskiej o  $4\text{--}6\text{ m}$ . Natomiast poziom dolnego zbiornika (Niżnie-Kamskiego) zmienia się tylko o  $1\text{--}2\text{ m}$  w ciągu roku. Wahania dobowe związane z pracą elektrowni zarówno w lecie, jak i w zimie wynoszą  $1\text{--}3\text{ m}$ .

Analizowane dane hydrologiczne odnoszą się do wodowskazu, który znajduje się w mieście Sarapuł,  $70\text{ km}$  poniżej tamy Wotkińskiej. Cechy reżimu hydrologicznego przyczyniły się do powstania strefy o zmiennym spiętrzeniu (ryc. 2). Podczas wezbrania cofka zbiornika Niżnie-Kamskiego znajduje się w  $155\text{ km}$  od zapory Wotkińskiej, spadek lustra wody jest zbliżony do naturalnego ( $0,05\text{‰}$ ). Podczas niżówki zasięg cofki przemieszcza się w górę rzeki i znajduje się w  $65\text{--}70\text{ km}$  od zapory Wotkińskiej. Odcinek około  $70\text{ km}$  od zapory jest zawsze poza granicą spiętrzenia, kolejnych  $80$  kilometrów znajduje się w stanie zbliżonym do naturalnego podczas wezbrania. Na tym odcinku występuje znaczna prędkość płynięcia wody. Przy natężeniu przepływu  $6800\text{--}8800\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  wynosi ona  $1,0\text{--}1,5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , a w niektórych fragmentach koryta osiąga war-

tość  $2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . W takich warunkach tempo erozji brzegów jest znaczne i waha się w granicach od 2 do 6 m rocznie. Łachy w obrębie koryta przemieszczają się z prędkością średnią od 50 do 120 m na rok i maksymalną – 250 m na rok.

Koryto rzeki na odcinku 0-70 km od zapory Wotkińskiej i w strefie zmiennego piętrenia

(70-150 km) jest prostoliniowe. Towarzyszą mu fragmenty równiny zalewowej, przede wszystkim na lewym brzegu. Szerokość koryta wynosi średnio 600-800 m, lecz w niektórych miejscach rozszerza się do 1100 m albo zwęża do 500 m. Na niektórych odcinkach łachy są umocnione przez ostrogi ziemne (ryc. 3).



Ryc. 3. Ostrogi w korycie Kamy 50 km od zapory Wotkińskiej

źródło: Atlas systemu głębokowodnego, Tom 9. Zarząd dróg wodnych dorzecza Kamy, Perm, 1987

Fig. 3. Groins in the channel of the Kama, 50 km below the Wotkins dam

source: Atlas systemu głębokowodnego, vol 9, Zarząd dróg wodnych dorzecza Kamy, Perm, 1987

W chwili obecnej najdalej wysunięte fragmenty ostróg są w większości zniszczone wskutek działania przepływającej wody.

Rzadko występujące w korycie wyspy są zazwyczaj zalewane podczas wielkich zrzutów wody ze zbiornika. W niektórych miejscach koryto jest wcięte w podłoże skalne, natomiast w innych grubość warstwy aluwów żwirowych i piaszczystych sięga 11-16 m. W obrębie koryta występują liczne mielizny, przez które profil podłużny odznacza się falistym zarysem (ryc. 4). W latach 1970-1980 na odcinku 0-70 km od zapory Wotkińskiej pozyskiwano z koryta

piasek i żwir w ilości 1,5 mln m<sup>3</sup> rocznie.

W odcinku poniżej zapory Wotkińskiej zaobserwować można typowe różnokierunkowe deformacje koryta<sup>1</sup>.

Przy zaporze zachodzi intensywne erozja wgłębna. W latach 1978-1996 obniżenie dna na osi koryta wyniosło tu 1,6 m, a tempo erozji osiągnęło wartość 9 cm na rok. W 30-60 km poniżej zapory tempo erozji jest znacznie niższe i wynosi 2 cm na rok. Odcinek 57-80 km od zapory odznacza się przeważającą akumulacją osadów, która osiągnęła maksymalnie miąższość 0,9 m (tab. 1).

Tabela 1. Deformacje pionowe koryta Kamy

Table 1. Vertical bed deformations on the Kama river

Odległość od zapory [ km ]	Średnia głębokość [m] odniesiona do jednego poziomu			Obniżenie (-)/ podniesienie się (+) dna [m]
	1978	1996	2006	
4,0 – 14,0	4,27	5,88		- 1,61/-*
14,0 – 27,0	4,84	4,66	4,78	+0,18/-0,12
29,0 – 57,0	4,29	4,66		-0,37/-*
57,0 – 64,5	5,00	4,19	4,08	+0,81/+0,11
70,3 – 80,0	4,91	4,56		+0,35/*

źródło: Opracowanie własne

\*brak pomiarów

source: Author's own study

\*measurements not available

<sup>1</sup> Z jęz. ros., deformacje – naturalny cykl procesów morfologicznych w korycie rzeczonym, w skład którego wchodzi: depozycja materiału na przemiele podczas wezbrania, powodująca podniesienie dna i erozja podczas niższych stanów wody, prowadząca do obniżenia rzędnej dna w obrębie fragmentów przekroju poprzecznego koryta.

Erozja wgłębna w pobliżu zapory wywołała zmiany w reżimie stanów wody. Obniżenie minimalnego w okresie nawigacyjnym stanu wody (66 m n.p.m.) szacuje się na 1,0-1,2 m. Przy czym w 1966 roku stan ten odpowiadał przepływowi wody  $880 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , natomiast obecnie dla utrzymania tego poziomu trzeba zrzucić ze zbiornika  $1370 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Jeśli odnieść stany wody do tej samej objętości przepływu, obniżenie stanu najniższego sięga aż 1,6 m (ryc. 5). W odległości 70 km poniżej zapory poziom wody nie uległ obniżeniu, jednak erozja doprowadziła do zwiększenia frakcji osadów dennych. Ich średnia średnica ziarna wzrosła do 3,2 mm, maksymalna zmierzona wynosi natomiast 8,7 mm.

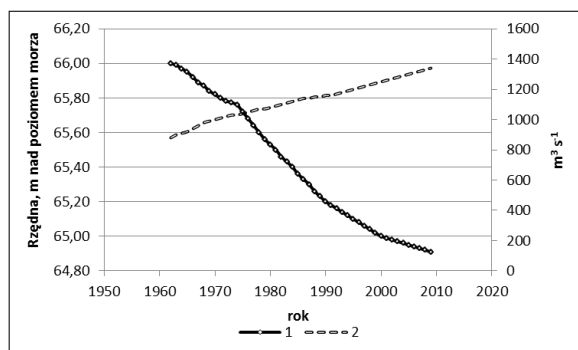


Ryc. 4. Profil podłużny zwierciadła wody Kamy podczas niżówki

źródło: Opracowanie własne

Fig. 4. Longitudinal profile of the Kama water surface during low-water period

source: Author's own study



Ryc. 5. Obniżenie się poziomu wody w dolnym stanowisku zapory Wotkińskiej

1 – rzędna poziomu wody, 2 – zrzut nawigacyjny

źródło: Opracowanie własne

Fig. 5. Lowering of the water surface at the lower station of the Wotkinsk dam.

1 – water level, 2 – water discharge for the purpose of navigation

source: Author's own study

W odcinku 0-44 km poniżej zapory Wotkińskiej wielkość erozji na trasie drogi żeglownej oszacować można na około  $2,25 \text{ mln m}^3$ , czyli około  $9000 \text{ m}^3$  rocznie na 1 km długości koryta. Poniżej odcinka erozyjnego znajduje się niewielki fragment stosunkowo stabilnego koryta. W odległości 44-50 km poniżej zapory w latach 1996-2008 nie zanotowano istotnych zmian w morfologii koryta. Można zauważyć tylko lokalne zmiany, spowodowane m.in. poborem materiału dennego.

Łączną objętość akumulacji na odcinku 57-80 km poniżej zapory Wotkińskiej szacuje się na  $1,02 \text{ mln m}^3$  lub na około 3 tys.  $\text{m}^3$  rocznie w przeliczeniu na 1 km długości koryta. Średnia roczna objętość prac bagrowniczych prowadzonych w celu pogłębienia dna w ostatnim dziesięcioleciu wyniosła na odcinku akumulacyjnym około 7 tys.  $\text{m}^3$  rocznie na 1 km. Odcinek najbardziej intensywnej akumulacji zlokalizowany jest w 57-64,5 km od zapory Wotkińskiej. Koryto oraz dno doliny zwężają się tu w dół biegu rzeki. Przy wejściu do przewężenia znajduje się płytka mielizna i cały odcinek na długości kolejnych 10 km charakteryzuje się małymi głębokościami.

Szczegółową analizę zmian kształtu koryta przeprowadzono w obrębie 10-kilometrowego odcinka rzeki Kamy w strefie akumulacyjnej, dla którego sporządzono mapy koryta na podstawie pomiarów wykonanych w październiku 2001 i wrześniu 2002 roku. Sondowania głębokości przeprowadzono w tych samych warunkach hydrologicznych (poziom wody w poszczególnych terminach różnił się tylko o 10 cm). Wiosną 2002 roku, pomiędzy kolejnymi terminami pomiarów, miało miejsce wysokie wezbranie, a maksymalny średni dobowy przepływ wody na początku maja osiągnął aż  $9500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Pomiędzy październikiem 2001, a wrześniem 2002 roku na badanym odcinku Kamy przeważała akumulacja. Jej roczna wielkość wyniosła  $800 \text{ tys. m}^3$ , a warstwa akumulowanego materiału osiągnęła średnio miąższość 13 cm. W badanym okresie miały miejsce typowe sezonowe zmiany morfologii koryta. Obserwowano je na przykładzie mielizny znajdującej się przy wejściu do przewężenia dna doliny. Na początku obniżania się wezbraniowych stanów wody (średni przepływ  $6320$

$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), od 26 maja do 14 czerwca, w obrębie całej mielizny, a także w górnej części plosa zanotowano dość jednolitą akumulację, co spowodowało spadek objętości koryta o 14,8%. Podnoszenie rzędnych dna wyniosło około 0,5-1,0 m. W okresie od 14 czerwca do 10 września 2002 roku, w trakcie końcowego okresu wezbrania i początku niżówki letnio-jesiennej (średnie natężenie przepływu  $1660 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) w obrębie mielizny dominowały procesy erozji, ale obniżenie się rzędnych dna nie przekroczyło 0,5 m. W rezultacie, w okresie od 26 maja do 10 września, akumulacja osadów podczas wezbrania nie została zrównoważona przez erozję w okresie niskich przepływów, a zmniejszenie objętości koryta w obrębie płycizny w sumie wyniosło 12%.

Podczas wezbrań na mieliznach występuje zatem akumulacja osadów kształtujących

koryto, przy czym jej rozmiar zależy od wielkości wezbrania, a podczas kolejnych niżówek zachodzi erozja. Taki przebieg procesów korytowych jest typowy dla większości rzek nizinnych, jednak w przypadku badanego fragmentu Kamy zaznacza się wyraźna dominacja procesów akumulacji w stosunku do erozji.

W zimie w obrębie badanego odcinka Kamy występują bardzo duże dzienne i tygodniowe wahania poziomu wód, związane z pracą elektrowni wodnej. Od stycznia do marca 2008 roku zaobserwowano 12 wzrostów poziomu o wysokości 1,0-1,5 m. Czasami podniesienie poziomu sięga aż 5 m. Wahania stanów wody w zimie prowadzą do łamania lodu i powstawania sztucznego spływu kry lodowej. Lód gromadzi się w przewężeniach oraz rozgałęzieniach koryta i tworzy zatory. Powoduje to akumulację rumowiska (ryc. 6).



Ryc. 6. Depozycja rumowiska w korycie Kamy spowodowana przez zatory lodowe

1 – objętość osadów, 2 – maksymalny poziom wody w zimie

źródło: Kalyuzhny, 1999

Fig 6. Deposition of river load in the Kama channel resulting from ice jams

1 – sediments capacity, 2 – maximum water level in winter

source: Kalyuzhny, 1999

Przykładowo na odcinku 44-50 km od zapory, odznaczającym się zazwyczaj dużą stabilnością koryta, w okresie od lutego do maja 2008 roku, objętość akumulacji przekroczyła wielkość erozji o 180 tys.  $\text{m}^3$ , co odpowiada warstwie o miąższości średnio 5 cm. Maksymalna zmierzona wielkość akumulacji osiągnęła 1,0 m.

Na podstawie pomiarów wykonanych przez Kamski Państwowy Urząd Dróg Wodnych

i Nawigacji określono objętość osadów akumulowanych w wyniku zatorów lodowych w 1996 roku na 400 tys.  $\text{m}^3$  (ryc. 6). Objętość prac bagrowniczych w celu zlikwidowania skutków zatorów lodowych na długości 100 km poniżej zapory Wotkińskiej wyniosła 50% całkowitej objętości prac przeprowadzonych w celu pogłębienia dna tranzytowego w całym dorzeczu Kamy (Kalyuzhny, 1999).

## Podsumowanie

Budowa kaskady zbiorników zaporowych traktowana jest jako sposób na radykalną poprawę warunków żeglugowych, jednak nie stanowi ona uniwersalnego sposobu na rozwiązanie wszystkich problemów. Nawet w przypadku dokładnego wykonania projektu może wystąpić sytuacja, w której ekstremalne zrzuty wody mogą powodować intensywne przekształcenia koryta na dolnym stanowisku.

Z dużym prawdopodobieństwem wystąpienia niekorzystnych zmian w morfologii koryta należy liczyć się, gdy kaskada nie jest wykonana zgodnie z założeniami projektowymi, a pomiędzy kolejnymi stopniami występuje odcinek niespiętrzony. Obecność takiego odcinka może powodować utrudnienia w eksploatacji drogi wodnej, a także trudne do przewidzenia zmiany w morfologii koryta.

Praca wykonana przy wsparciu finansowym  
Rosyjskiego Funduszu Badań Fundamentalnych, projekt 11-05-00179.

## Literatura

Atlas systemu głębokowodnego, 1987, Tom 9. Zarząd dróg wodnych dorzecza Kamy, Perm.

Фролов Р.Д., 2003. Об улучшении судоходного состояния нижнего бьефа Нижегородской ГЭС на р. Волге – Проблемы русловедения – Труды Академии проблем водохозяйственных наук, вып. 9. Москва, Московский государственный университет. С.186.

Калюжный, В.К., 1999. Некоторые особенности русловых процессов в Камском бассейне – Современное состояние водных путей и проблемы русловых процессов. Москва, МГ, с. 23-25.