

## ODNAWIALNE ZŁOŻA ŻWIROW RZEK PODHALA

UKD 553.624(436.31--15),,312/313''

Kamieńce rzek podhalańskich spełniają ważną rolę jako źródło zaopatrzenia w wysokowartościowe kruszywo naturalne. Znajduje ono najważniejsze zastosowanie w budownictwie regionalnym, przy wznoszeniu fundamentów i konstrukcji ściennych (mury jednolite i filary) oraz jako kruszywo łamane do budowy i utrzymania nawierzchni tłuczniowych i ulepszonych. W trakcie masowej eksploatacji w latach 1953—1962, z kamieńców i płytkiej części dna Czarnego Dunajca i Białki zostały niemal całkowicie usunięte duże otoczaki.

W czasie badań terenowych przeprowadzonych w latach 1961—1968 starano się określić, w jakim zakresie następuje odnowienie frakcji żwirowych, najcenniejszych pod względem gospodarczym. Zmechanizowaną wydobycie żwirów odbywa się w tych rzekach tylko na niewielkich, ściśle ograniczonych odcinkach, natomiast głównym sposobem eksploatacji jest ręczne zbieranie otoczków z powierzchni kamieńców. Eksploatacji wstępnej się nie prowadzi, ze względu na ochronę rzek górskich, miąższość więc złóż praktycznie dostępnych dla prac wydobywczych jest nieznaczna.

Zasoby użyteczne na określonym odcinku rzeki tworzy zwykle jedna warstwa grubych otoczków, wyścielająca powierzchnię kamieńców, okresowo zatapiających, oraz płytka część dna. Tylko lokalnie, po zewnętrznej stronie wyraźnych zakoli oraz wzdłuż krawędzi zwężonego koryta, w miejscach o szcze-

gólnie silnym nurcie, wezbrania pozostawiają skupienia bloków granitowych o większej miąższości. Przy eksploatacji selektywnej największą wartość użytkową mają tylko określone wielkości żwirów („wielkość” lub „rozmiar” oznacza długość największej osi otoczaka). Najwyżej cenione są otoczaki wielkości 25—40 cm, używane do celów budowlanych, w dalszej kolejności żwiry o średnicy 15—25 cm. Dla celów budownictwa regionalnego oraz robót drogowych wydobywa się wyłącznie otoczaki skał krystalicznych, głównie granitoidy nie wykazujące wyraźnego zgnejsowania. Dopiero po wyczerpaniu bloków granitowych eksploatowane są kwarcyty.

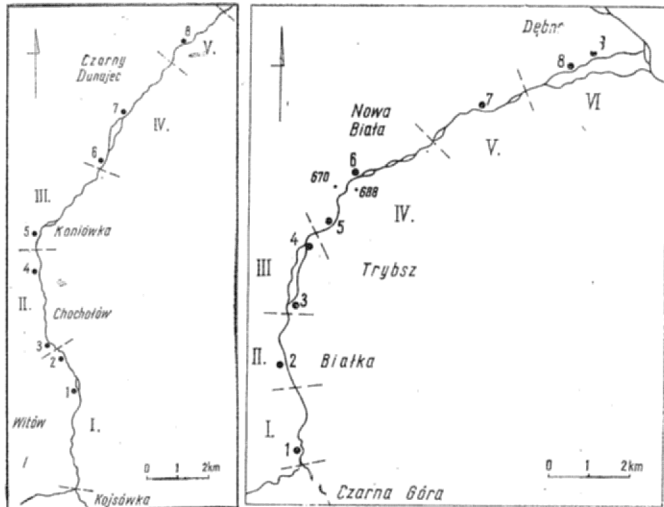
Na Czarnym Dunajcu obserwacje przeprowadzono między Rostokami a Wróblówką (odcinek 19,5 km), na Białce — między Czarną Górą a ujściem Dunajca (16,5 km). Masowe wydobycie kamienia zostało tam zakończone lub dobiegało końca. Teren obserwacji położony wzdłuż obu rzek podzielono na mniejsze odcinki (ryc. 1, 2), przy czym podstawą podziału był głównie skład granulometryczny kamieńców po zakończeniu eksploatacji. Dla każdego odcinka wybrano powierzchnie pomiarowe, długość każdej z nich mierzona wzdłuż osi rzeki wynosiła 100 m, jej szerokość, liczona od krawędzi koryta, 10 m. Na każdej powierzchni rejestrowano zmiany granulometryczne wywołane wezbraniem. Transport i sedymentacja żwirów odbywa się tylko przy dużych wezbraniach; te ostatnie pojawiają się na rzekach

**Tabela I**  
PRZYROST ZASOBÓW ŻWIROWYCH W PUNKTACH POMIAROWYCH NA CZARNYM DUNAJCU

Stanowisko pomiarowe	Stan wyjściowy w t/100 m <sup>2</sup>			Sumaryczny przyrost za cały okres obserwacji t/100 m <sup>2</sup>	
	rok	frakcja 15-25 cm	frakcja 25-40 cm	frakcja 15-25 cm	frakcja 25-40 cm
		2	3	4	5
1	1961	1,06	---	50,8	---
2	1961	0,63	---	41,4	---
3	1961	0,63	---	31,9	---
4	1961	---	---	50,8	---
5	1963	---	---	---	---
6	1963	---	---	---	---
7	1963	---	---	---	---
8	1962	---	---	31,8	---

**Tabela II**  
PRZYROST ZASOBÓW ŻWIROWYCH NA KAMIEŃCACH CZARNEGO DUNAJACA ZA CAŁY OKRES OBSERWACJI

Kolejny odcinek rzeki i jego długość w km	Frakcja 15-25 cm w t	Frakcja 25-40 cm w t	Przyrosty dodatkowe w t	Razem t
1	2	3	4	5
I -5,1	2351,1	----	237,4	2588,5
II -3,5	1447,2	----	76,3	1523,5
III -3,7	----	----	76,3	76,3
IV -4,5	----	----	178,1	178,1
V -2,7	856,6	----	74,2	932,8
Razem	4656,9	----	642,3	5299,2



Ryc. 1.  
Fig. 1.

Ryc. 2.  
Fig. 2.

Ryc. 1. Rozmieszczenie powierzchni pomiarowych wzdłuż Czarnego Dunajca. I-V — wyróżnione odcinki rzeki, 1-8 — powierzchnie pomiarowe.

Ryc. 2. Rozmieszczenie powierzchni pomiarowych wzdłuż Białki. I-VI — wyróżnione odcinki rzeki, 1-9 — powierzchnie pomiarowe.

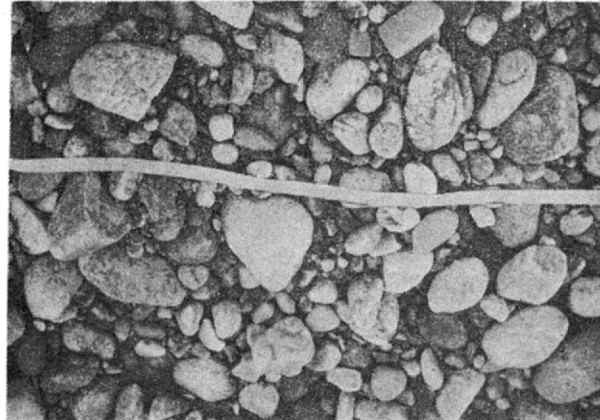
Fig. 1. Distribution of measurement fields along Czarny Dunajec stream. I-V — selected sections of the stream, 1-8 — measurement fields.

Fig. 2. Distribution of measurement fields along Białka stream. I-VI — selected sections of the stream, 1-9 — measurement fields.

Podhala 1-2 razy w roku, zwykle w okresie wiosenno-letnim.

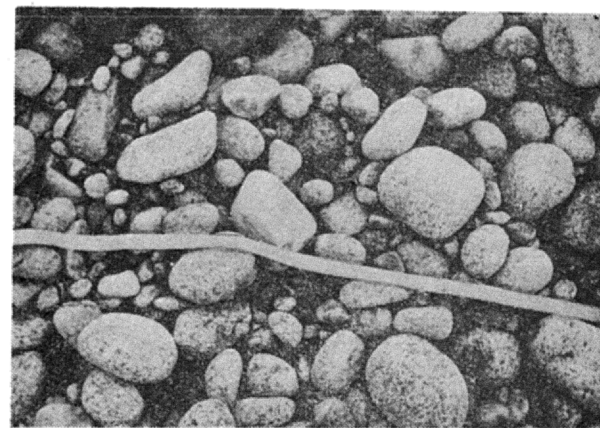
Przyrost zasobów żwirowych mierzono tylko dla granitów i kwarcytów, oddzielnie dla dwóch klas wielkości: 15-25 i 25-40 cm. Otoczaki skał węglanowych, piaskowców i łupków krystalicznych pomijano przy obliczeniach, gdyż przy eksploatacji selektywnej nie należą one do zasobów użytecznych. Na podstawie wielu próbnych pomiarów stwierdzono, że na powierzchni 1 m<sup>2</sup> jednowarstwowe zwarte skupienie otoczków o średnicy 15-25 cm, powstałe w warunkach naturalnych, posiada przeciętną objętość 0,08 m<sup>3</sup> (0,212 t), skupienie dwuwarstwowe — 0,13 m<sup>3</sup> (0,344 t), skupienie z trzech warstw — 0,18 m<sup>3</sup> (0,47 t). Obliczeń dokonano przez zsumowanie objętości poszczególnych otoczków tej klasy wielkości tworzących skupienie. Pominięto materiał drobniejszy wypełniający przestrzenie między nimi.

Wśród żwirów osadzonych po wezbraniach, bloki o średnicy 25-40 cm pojawiały się tylko w niektó-



Ryc. 3. Czarny Dunajec, powierzchnia kamieńca w 4 punkcie pomiarowym, w odległości 2 m od koryta (1968 r.).

Fig. 3. Czarny Dunajec stream; surface of heap of gravels at 4th measurement point, 2 m from stream channel (1968).



Ryc. 4. Białka, powierzchnia kamieńca w 8 punkcie pomiarowym w odległości 4 m od głównego koryta (1968 r.).

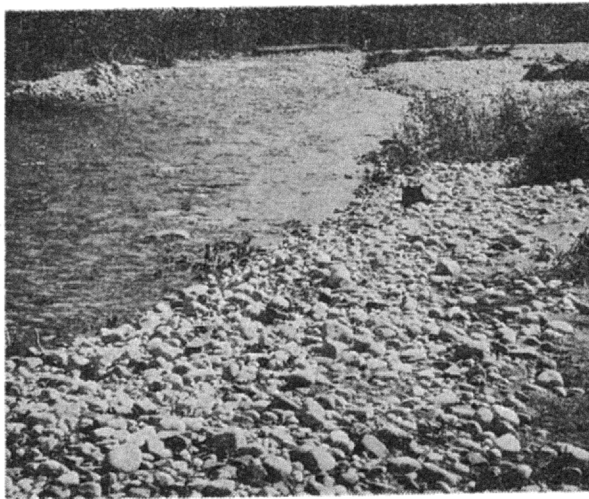
Fig. 4. Białka stream, surface of heap of gravels at 8th measurement point, 4 m from main stream channel (1968).

rych punktach obserwacyjnych i to najczęściej pojedynczo. Zwarte skupienia tworzyły one tylko wyjątkowo. W tej klasie wielkości ustalano przyrost obliczając objętość każdego gładu z osobna. Jednowarstwowe skupienie tych otoczków, powstałe w warunkach naturalnych, zajmujące powierzchnię 1 m<sup>2</sup> zawiera przeciętnie 0,095 m<sup>3</sup> surowca, co odpowiadając ciężarowi 0,238 t; skupienie dwuwarstwowe — 0,15 m<sup>3</sup> (0,397 t). Granit tworzący głady nie

**Tabela III**  
PRZYROST ZASOBÓW ŻWIROWYCH W PUNKTACH POMIAROWYCH NA BIAŁCE

Stano-wisko pomia-rowe	Stan wyjściowy w t/100 m <sup>2</sup>			Sumaryczny przyrost za cały okres obserwacji w t/100 m <sup>2</sup>	
	rok	frakcja 15—25 cm	frakcja 25—40 cm	frakcja 15—25 cm	frakcja 25—40 cm
		2	3	4	5
1	1962	0,42	----	141,2	2,1
2	1962	----	----	129,4	----
3	1962	----	----	10,1	----
4	1962	8,48	0,357	*	----
5	1962	----	----	101,7	----
6	1962	----	----	126,6	3,6
7	1963	----	----	132,7	1,9
8	1963	----	----	120,0	2,8
9	1963	----	----	101,7	----

\* Z uwagi na dużą początkową zawartość żwirów frakcji 15—25 cm nie rejestrowano ich przyrostów.



Ryc. 5. Białka, żwiry osadzone na II odcinku kamieńców po letnich wezbraniach 1968 r.

Fig. 5. Białka stream, gravels deposited along second section of heaps of gravels after summer high water levels in 1968.

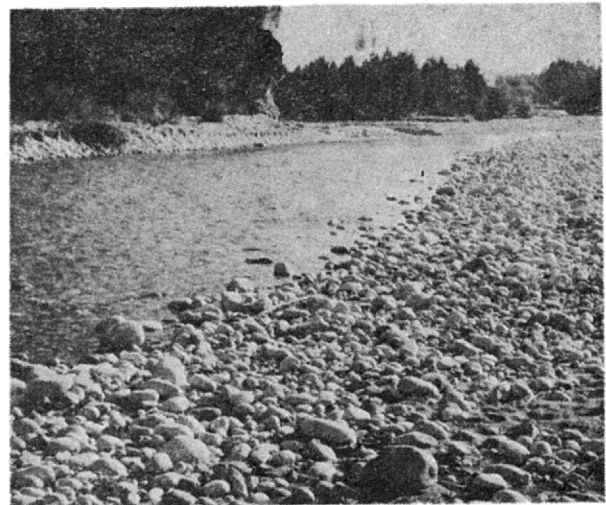
jest skałą jednolitą. Zmienność petrograficzna powoduje m. in. zmienny ciężar objętościowy, który wg M. Kamieńskiego (4) wynosi 2,61—2,28 g/cm<sup>3</sup>. Przy przeliczaniu objętości na masę przyjęto wartość średnią — 2,65 g/cm<sup>3</sup>. Dla uproszczenia nie wyróżniano osobno kwarcytów, które w opracowywanych klasach wielkości stanowią tylko niewielki odsetek.

Na podstawie rezultatów uzyskanych na polach pomiarowych obliczono przyrosty dla całych odcinków. Uwzględniano też wyraźniejsze odchylenie od stanu przeciętnego, rejestrowanego na powierzchniach obserwacyjnych. Pomiaru przeprowadzano we wrześniu, a więc w czasie niskich stanów wód na obu rzekach, obserwacje kontrolne zaś — w okresie letnim.

Wyniki pomiarów przyrostu zasobów żwirowych na powierzchniach obserwacyjnych położonych wzdłuż Czarnego Dunajca zestawiono w tabeli I. W kolumnie 3 i 4 podano w tonach ilości kamienia oddzielnie dla frakcji 15—25 oraz 25—40 cm, stwierdzone w chwili podjęcia badań na każdym ze 100 m odcinków kamieńca. Sumaryczny przyrost zasobów żwirowych za cały okres obserwacji (kolumna 5 i 6) odnosi się także do powierzchni obserwacyjnych. W wypadkach, gdy kamieniec występował tylko po jednej stronie koryta (rzeka graniczyła po stronie prze-

**Tabela IV**  
PRZYROST ZASOBÓW ŻWIROWYCH NA KAMIEŃCACH BIAŁKI ZA CAŁY OKRES OBSERWACJI

Kolejny odcinek rzeki i jego długość w km	Frakcja 15—25 cm w t	Frakcja 25—40 cm w t	Przyrosty dodatkowe w t	Razem t
1	2	3	4	5
I —1,9	2682,8	39,9	233,2	2955,9
II —2,1	2717,4	----	166,6	2884,0
III —2,0	2020,0	35,0	171,4	2226,4
IV —4,3	4910,6	77,0	266,5	5254,1
V —2,8	3715,6	53,2	143,0	3911,8
VI —3,4	3774,0	47,6	116,6	3938,2
Razem	19820,4	252,7	1097,3	21170,4



Ryc. 6. Kamieńce Białki w rejonie Kramnicy-Oblazowej po letnich wezbraniach 1968 r.

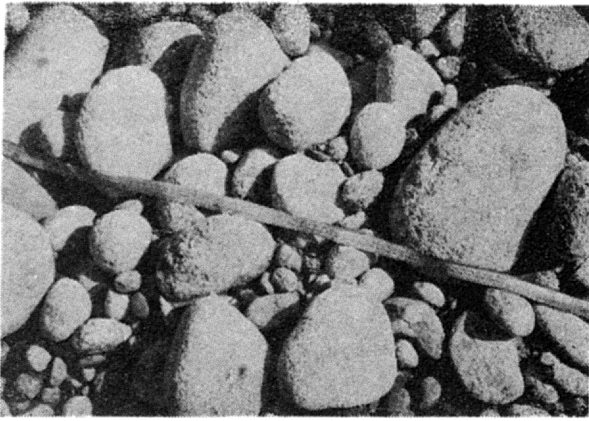
Fig. 6. Heaps of gravels of Białka stream in the area of Kramnica and Oblazowa after summer high water levels in 1968.

ciwleżej z krawędzią tarasu) podano podwojony wynik pomiarów. W obu klasach wielkości uwzględniano tylko materiał użyteczny, tj. granity i kwarcyty.

W latach 1961—1964 na żadnej powierzchni pomiarowej nie stwierdzono po przejściu fal wezbraniowych osadzania otoczków krystalicznych o średnicy większej od 15 cm. Na II odcinku największy rozmiar żwirów pozostawionych na kamieńcach okresowo zatapiających nie przekraczał 5 cm. W wielu miejscach między Witowem a Wróblówką jedynym osadem, nawet w bliskim sąsiedztwie koryta był piasek lub namuły.

Otoczki granitowe o średnicy ponad 15 cm zostały osadzone na kamieńcach okresowo zatapiających dopiero po wezbraniu w czerwcu 1965 r. Żwiry krystaliczne należące do tej klasy wielkości pojawiły się tylko w najbliższym sąsiedztwie koryta. Szerokość strefy sedimentacji wynosiła 2—5 m, przy czym największa była na wyraźnych zakolach rzeki. W latach 1966—1968, po kolejnych wezbraniach, obserwowano niewielkie zmiany w stosunku do stanu z II półrocza 1965 r. Na powierzchniach pomiarowych stwierdzone tylko przyrosty w klasie wielkości 15 cm. Drobne ilości otoczków o średnicy 15—25 cm pojawiły się na odcinkach zwężonego koryta (ryc. 3). Przez cały okres obserwacji na żadnym ze stanowisk pomiarowych nie notowano odnowienia zasobów skał krystalicznych w klasie wielkości 25—40 cm.

Skład granulometryczny wybranych odcinków kamieńca nie wykazywał większych różnic w chwili podjęcia obserwacji, również przebieg sedimentacji



Ryc. 7. Białka, powierzchnia kamieńca w 4 punkcie pomiarowym, w odległości 15 m od koryta rzeki (lipiec 1970 r).

Fig. 7. Białka stream; surface of heap of gravels at 4th measurement point, 15 m from stream channel (July 1970).



Ryc. 8. Białka, ogólny widok kamieńca na VI odcinku rzeki. Stan po powodzi w lipcu 1970 r.

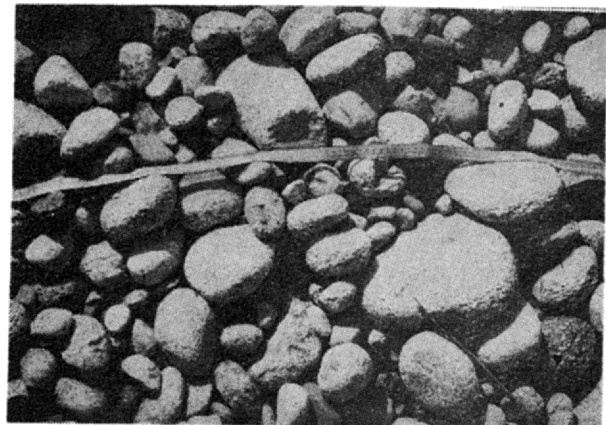
Fig. 8. Białka stream; general view on heap of gravels at VIth section of the stream after flood in July 1970.

był wszędzie podobny; przyrosty więc zasobów kamienia dla całych odcinków można było obliczyć, biorąc za podstawę wyniki uzyskane na powierzchniach pomiarowych lub średni wynik z dwóch sąsiednich powierzchni. Przy określaniu przyrostu (tab. II) uwzględniono oddzielnie przyrosty dodatkowe, tj. odchylenia od stanu przeciętnego, występujące na zakolach rzeki oraz w miejscach silnego zwężenia nurtu. Nie ma natomiast znaczenia zmiana szerokość kamieńców, gdyż strefa przyrostu większych otoczków sięga zaledwie kilku metrów od linii koryta.

Wyniki obserwacji na powierzchniach pomiarowych wzdłuż Białki podano w tabeli III. Przebieg procesu odnawiania zasobów kruszywa naturalnego był tam podobny do obserwowanego na Czarnym Dunajcu. Pierwszy przyrost otoczków krystalicznych, o średnicy ponad 15 cm zarejestrowano w 1965 r. Strefa przyrostu położona wzdłuż koryta rzeki była szersza niż na Czarnym Dunajcu; sedimentacja na kamieńcu przylegającym do zakoli zaznaczała się także wyraźniej, w nielicznych punktach obserwowano ją już w 1964 r. Ponadto wystąpiło tu (na I i II odcinku) zjawisko nie obserwowane nigdzie wzdłuż Czarnego Dunajca: krawędź tarasu, przy normalnych stanach wody granicząca z kamieńcem (okresowo zatapianym) i oddalona o 10–20 m od głównego nurtu, była atakowana w czasie dużych wezbrań. Woda unosiła drobniejszy żwir, duże natomiast bloki granitowe, pochodzące z niszczenia tej krawędzi, po opadnięciu wody pozostawały na miejscu. W ten sposób na powierzchni kamieńca tworzyły się zwarte skupienia grubego żwiru z dużym udziałem bloków o średnicy ok. 30 cm, wyraźnie wyróżniające się na poprzednio wyeksploatowanej powierzchni.

W latach 1966–1968 rejestrowano wyraźne zmiany na kamieńcach przylegających do ostrych zakoli, gdzie stopniowo powstawały wielowarstwowe skupienia grubych żwirów. Na powierzchniach pomiarowych wystąpiły tylko niewielkie zmiany w stosunku do stanu z 1965 r.; osadzany był głównie drobniejszy materiał (ryc. 4). W niektórych punktach obserwowano także zmianę sposobu sedimentacji. Wzdłuż krawędzi łożyska tworzyły się płaskie wały żwirowe o szerokości 2–4 m zbudowane w dużej części z materiału drobniejszego od 15 cm (ryc. 5 i 6). Sumaryczny przyrost zasobów dla poszczególnych odcinków Białki obliczony na podstawie wyników uzyskanych na powierzchniach pomiarowych podano w tabeli IV.

Proces odnawiania zasobów kruszywa naturalnego w omawianych rzekach przebiegał bardzo wolno w warunkach hydrologicznych panujących w latach



Ryc. 9. Powierzchnia kamieńca w 8 punkcie pomiarowym w odległości 15 m od głównego koryta rzeki (lipiec 1970 r.).

Fig. 9. Surface of heap of gravels at 8th measurement point, 15 m from main stream channel (July 1970)

1961–1968. W tym czasie wezbrania na Czarnym Dunajcu osiągały 45–72% maksimum absolutnego\*, na Białce — 59–74%. Na kamieńcach Czarnego Dunajca nie rejestrowano prawie żadnego przyrostu żwirów najcenniejszych pod względem użytkowym (25–40 cm). Na Białce proces ten był ograniczony do fragmentów kamieńca po zewnętrznej stronie zakoli oraz do odcinków silnie zwężonego koryta. Niewielkie zasoby początkowe, nieznaczne zmiany w stanie liczbowym dużych bloków (25–40 cm) w latach 1961–1968, jak i łatwość rejestracji tych zmian, wykluczają możliwość popełnienia istotnych błędów przy oszacowaniu globalnego przyrostu.

Przy ocenie wielkości odnowienia kruszywa w klasie 15–25 cm starano się zmniejszyć możliwy błąd, uwzględniając wszystkie ważniejsze odchylenia od stanu przeciętnego, obserwowanego na powierzchniach pomiarowych. Przy takich badaniach źródłem błędów mogą być zakłócenia naturalnego przebiegu zjawisk wskutek ponawiania eksploatacji. Zwrócono na to pilną uwagę zarówno przy wyborze punktów pomiarowych, jak i w czasie trwania obserwacji. Powierzchnie pomiarowe lokalizowano tak, by zmniejszyć do minimum możliwość tego rodzaju zakłóceń. Bardzo ważne jest, że po okresie eksploatacji

\* Maksimum absolutne jest to najwyższy, kiedykolwiek notowany stan wody na danej rzece.

masowej, wybierania żwirów niemal całkowicie zaniechano. Ponawiano je tylko sporadycznie w punktach najłatwiej dostępnych dla transportu kołowego. Na odcinkach rzeki eksploatowanych za pomocą maszyn (Czarny Dunajec) nie wracano na powierzchnie poprzednio wyeksploatowane.

W literaturze brak danych dotyczących zawartości dużych otoczaków w kamieńcach obu omawianych rzek sprzed okresu masowej eksploatacji. Określenie ich zasobów mogą ułatwić nieliczne zachowane fotografie wykonane po wielkiej powodzi z 1934 r. (najwyższy stan wody notowany kiedykolwiek) oraz wyniki sprostżeń z lat 1950—1955. Porównując na tej podstawie zawartość dużych bloków na powierzchni kamieńców przed 1955 r. ze stanem obserwowanym po wezbraniach w latach 1961—1968 można stwierdzić, nie popełniając istotnej pomyłki, że przyrosty otoczaków większych od 25 cm wynosiły w okresie badań ok. 1—2% dawnych zasobów.

W lipcu 1970 r., już po zakończeniu 8-letniego okresu obserwacji, na obu rzekach przeszła fala powodziowa, przy czym stan wody na wodowskazie w Czorsztynie osiągnął 80% maksimum absolutnego; w ostatnim 25-leciu był to więc drugi co do wielkości przybór wody na rzekach Podhala. Był to wynik intensywnych opadów, których największe nasilenie przypało na 17—18 lipca. W wyniku wezbrania wygląd kamieńców okresowo zatapianych wzdłuż Białki i Czarnego Dunajca uległ dość istotnym zmianom.

Szczególnie wyraźnie zaznaczyły się wezbrania wzdłuż Białki, gdzie na odcinku między Czarną Górą a przełomem Kramnicy — Obławowej na kamieńcach okresowo zatapianych zostały osadzone w dużej ilości otoczaki o średnicy większej od 25 cm (ryc. 7),

natomiast poniżej przełomu, aż po ujście rzeki, fala powodziowa pozostawiła głównie materiał wielkości do 25 cm (ryc. 8, 9). W porównaniu z niskimi przyrostami zasobów żwirów do 1970 r., odnowienie zasobów kruszywa naturalnego na kamieńcach tej rzeki po powodzi z lipca 1970 r. było łatwe zauważalne, jednak dalekie od stanu istniejącego tam przed okresem masowej eksploatacji. Na kamieńcach Czarnego Dunajca, po przejściu fali powodziowej z lipca 1970 r., obserwowano tylko niski stopień odnowienia zasobów żwirów granitowych w klasie wielkości 25—40 cm. Jedną z przyczyn tego zjawiska może być mały udział tej frakcji kamienia w pokryciu dna rzeki, co jest następstwem intensywnego przebiegu eksploatacji na Czarnym Dunajcu.

#### LITERATURA

1. Bobrowski W., Musiał T. — Zadania geologiczne w zaopatrzeniu budownictwa w kruszywo w planie perspektywicznym. Prz. geol., 1959, nr 11.
2. Dudziak J. — Wpływ eksploatacji na rozmieszczenie żwirów w kamieńcach Czarnego Dunajca i Białki. Ibidem, 1966, nr 9.
3. Janiszewski W. — Kryteria technologicznej przydatności złóż kruszywa naturalnego. Ibidem, 1958, nr 7, 8/9.
4. Kamienie budowlane i drogowe. Pr. zbior. pod red. M. Kamińskiego i W. Skalmowskiego. Wyd. Geol., 1957.
5. Musiał T. — Zmienność żwirowisk rzecznych na przykładzie kilku udokumentowanych złóż. Prz. geol., 1968, nr 8.
6. Paszyński K. — O metodzie badania przyrostu zasobów kruszywa w złóżach odnawialnych. Ibidem, 1954, nr 9.

#### SUMMARY

In years 1961—1968 a process of natural renewal of gravel resources in perennially submerged heaps of gravels occurring along Czarny Dunajec and Białka streams was studied. The analysis primarily concerned two fractions, 15—25 cm and 25—40 cm, economically most important. No increase in amount of pebbles over 15 cm in size was found after the rises of the order of 50—60% of absolute maximum rise of water level (i.e. the highest rise ever recorded). Gravels of that fraction appeared on heaps of gravels not before the rises of the order of over 70% of absolute maximum rise passed by. Large granite pebbles over 25 cm in size were deposited only on heaps of gravels of Białka stream. Increase in resources of pebbles over 25 cm in size in years 1961—1968 was equal 1—2% of the amount occurring there before large-scale exploitation started.

#### РЕЗЮМЕ

В 1961—1968 гг. проводились наблюдения над естественным процессом обновления запасов валунного материала на периодически заливаемой каменной пойме рек Чарны-Дунаец и Бялка. Исследовались фракции 15—25 и 25—40 см, имеющие важное практическое значение. После паводков, достигавших 50—60% абсолютного максимума (самый высокий наблюдаемый уровень), не происходило накопления гранитных валунов диаметром крупнее 15 см. Они появлялись после паводков, превышающих 70% абсолютного максимума. Крупные гранитные валуны диаметром более 25 см были накоплены лишь в пойме р. Бялки. За период 1961—1968 прирост валунов 25 см составлял 1—2% от всего количества материала, находящегося здесь до периода массовой разработки.