

Tadeusz WILGAT

### Zmienność odpływu rocznego w dorzeczu Wieprza

Изменчивость годового стока в бассейне реки Вепш

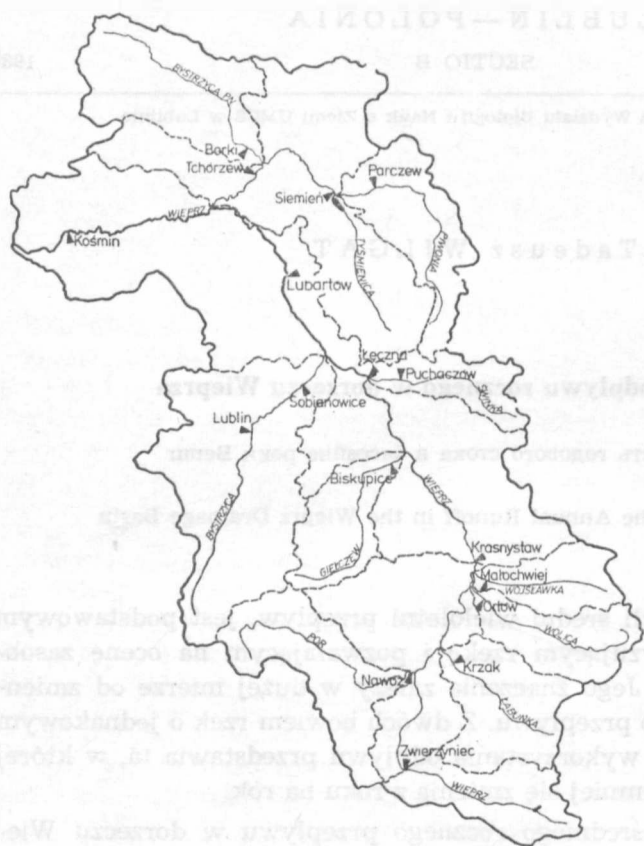
Changeability of the Annual Runoff in the Wieprz Drainage Basin

Moduł odpływu, czyli średni wieloletni przepływ, jest podstawowym parametrem charakteryzującym rzekę i pozwalającym na ocenę zasobności wodnej dorzecza. Jego znaczenie zależy w dużej mierze od zmienności średniego rocznego przepływu. Z dwóch bowiem rzek o jednakowym module lepsze warunki wykorzystania odpływu przedstawia ta, w której średni roczny przepływ mniej się zmienia z roku na rok.

Analizę zmienności średniego rocznego przepływu w dorzeczu Wieprza oparto na serii danych z okresu 1951—1980. Zestawienie średnich rocznych przepływów w 17 przekrojach wodowskazowych w dorzeczu Wieprza wykonano wykorzystując materiały Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej i uzupełniając luki \* (ryc. 1). Uzyskana 30-letnia seria — mimo że jest efektem znużonej analizy — może zawierać wartości obarczone błędami. Dotyczy to przede wszystkim stacji o krótkich seriach obserwacji przedłużonych przy użyciu metod pośrednich. Również dane dotyczące stacji na małych dopływach Wieprza nie są w pełni wiarygodne, co wynika z niezadowolającej często jakości obserwacji wyjściowych, niezbędnych przy konstrukcji krzywych konsumpcyjnych. Możliwość istnienia nieścisłości w danych stanowiących podstawę dalszych obliczeń zmusza do ostrożności przy formułowaniu wniosków.

Trzydziestolecie 1951—1980 odznaczało się dużymi kontrastami rocznego odpływu. Wystąpiły w nim lata zarówno z bardzo dużymi, jak i bardzo małymi odpływami. Do najbardziej obfitych w wodę należał

\* Zestawienie wykonał dr Zdzisław Michalczyk.



Ryc. 1. Dorzecze Wieprza; posterunki hydrometryczne

Wieprz river-basin; hydrometric points

r. 1967. Z 17 posterunków hydrometrycznych w dorzeczu Wieprza aż w 14 średni roczny przepływ osiągnął wówczas swe maksimum, a w 3 pozostałych rok ten był drugim co do wielkości odpływu. Również r. 1957 był bardzo bogaty w wodę. Tylko w jednej stacji (Orłów na Wolicy) największy odpływ roczny przypadł na r. 1969. Najmniejsze odpływy roczne nie wystąpiły we wszystkich zlewniach w tych samych latach. Do najsuchszych należały lata 1959 i 1960. W wielu stacjach średni przepływ roczny był wtedy najmniejszy lub prawie najmniejszy. Minimalne średnie roczne przepływy wystąpiły ponadto w niektórych stacjach w latach 1951 i 1952. Te cztery lata należały do najuboższych w wodę. Tylko w dwóch stacjach minima rocznego odpływu przypadły na inne lata — w Orłowie na Wolicy na r. 1961, co może być wynikiem małej dokładności

danych, i w Łęcznej na Wieprzu na r. 1972, gdy na ilość wody w rzece silnie już oddziaływał kanał Wieprz—Krzna.

Duży kontrast zaznaczył się między dwoma 15-leciami. W okresie 1966—1980 średnio przepływy roczne wszystkich rzek były o kilkadziesiąt procent większe niż w okresie 1951—1965. Na przykład średni przepływ Wieprza wzrósł w drugim 15-leciu w stosunku do pierwszego do 150% w Zwierzyńcu, do 145% w Krasnymstawie, do 140% w Lubartowie i do 148% w Kośminie, a średni przepływ Tyśmienicy do 169%.

Nieregularność odpływu rocznego najczęściej określa się współczynnikiem obliczonym jako iloraz największego i najmniejszego średniego rocznego przepływu z okresu wieloletniego. Współczynnik ten nie jest miarą precyzyjną, zwłaszcza gdy się nie dysponuje długą serią obserwacji. Liczony dla krótkich 10- czy 15-letnich okresów zmienia się dość znacznie. Na przykład współczynnik nieregularności odpływu rocznego z dorzecza Wieprza w Kośminie liczony dla 15-lecia 1951—1965 wynosi 1,8, a dla 15-lecia 1966—1980 — 2,8, podczas gdy dla 30-lecia — 3,2. Tyśmienica w Tchorzowie ma współczynniki nieregularności w dwóch 15-leciach odpowiednio 2,7 i 2,6, ale dla 30-lecia aż 4,2.

Okres 30-letni może być również zbyt krótki dla ujawnienia rzeczywistej zmienności odpływu, jednakże wystąpienie w okresie 1951—1980 lat o bardzo zróżnicowanym odpływie pozwala przypuszczać, że obliczony z tego okresu współczynnik nieregularności powinien charakteryzować zmienność średniego rocznego przepływu, jeżeli wartości skrajne nie są obciążone błędami (tab. 1).

Tab. 1. Nieregularność odpływu rocznego w dorzeczu Wieprza  
Irregularity of annual outflow in Wieprz river-basin

| Rzeka        | Stacja hydrometryczna | Moduł $\bar{Q}$<br>m <sup>3</sup> /s | Średnie przepływy roczne m <sup>3</sup> /s |            | Współczynnik nieregularności<br>$Q_{\max} : Q_{\min}$ | Amplituda względna<br>$\frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{\bar{Q}}$ | Współczynniki zmienności |       |
|--------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|
|              |                       |                                      | $Q_{\max}$                                 | $Q_{\min}$ |                                                       |                                                             | $Z$                      | $C_v$ |
| Wieprz       | Zwierzyńiec           | 2,12                                 | 3,57                                       | 1,05       | 3,40                                                  | 1,19                                                        | 0,199                    | 0,309 |
| Wieprz       | Krasnystaw            | 12,1                                 | 21,0                                       | 7,57       | 2,77                                                  | 1,11                                                        | 0,240                    | 0,268 |
| Wieprz       | Łęčna                 | 16,6                                 | 31,4                                       | 10,0       | 3,14                                                  | 1,29                                                        | 0,296                    | 0,308 |
| Wieprz       | Lubartów              | 23,0                                 | 43,7                                       | 14,7       | 2,97                                                  | 1,26                                                        | 0,239                    | 0,316 |
| Wieprz       | Kośmin                | 37,0                                 | 70,0                                       | 22,0       | 3,18                                                  | 1,30                                                        | 0,305                    | 0,342 |
| For          | Nawóz                 | 2,80                                 | 4,64                                       | 1,98       | 2,34                                                  | 0,95                                                        | 0,201                    | 0,238 |
| Łabudka      | Krzak                 | 1,95                                 | 3,08                                       | 1,12       | 2,75                                                  | 1,01                                                        | 0,267                    | 0,253 |
| Wolica       | Orłów                 | 1,42                                 | 2,30                                       | 0,643      | 3,58                                                  | 1,17                                                        | 0,246                    | 0,288 |
| Wojasławka   | Małochwiej            | 1,10                                 | 2,33                                       | 0,655      | 3,56                                                  | 1,52                                                        | 0,303                    | 0,349 |
| Giełoczew    | Biskupiec             | 1,40                                 | 3,41                                       | 0,650      | 5,25                                                  | 1,97                                                        | 0,332                    | 0,388 |
| Świnka       | Puchaczów             | 0,861                                | 1,73                                       | 0,180      | 9,61                                                  | 1,80                                                        | 0,404                    | 0,460 |
| Bystrzyca    | Lublin                | 3,17                                 | 5,92                                       | 1,39       | 2,97                                                  | 1,24                                                        | 0,272                    | 0,302 |
| Bystrzyca    | Sobianowice           | 5,16                                 | 10,7                                       | 2,61       | 4,10                                                  | 1,57                                                        | 0,325                    | 0,381 |
| Tyśmienica   | Siemien               | 3,71                                 | 7,45                                       | 1,30       | 5,73                                                  | 1,66                                                        | 0,419                    | 0,459 |
| Tyśmienica   | Tchorzów              | 8,47                                 | 15,4                                       | 3,63       | 4,24                                                  | 1,39                                                        | 0,385                    | 0,395 |
| Pisownia     | Paroszew              | 1,44                                 | 3,22                                       | 0,450      | 7,16                                                  | 1,92                                                        | 0,480                    | 0,530 |
| Bystrzyca Pn | Borki                 | 2,73                                 | 5,07                                       | 1,44       | 3,52                                                  | 1,33                                                        | 0,304                    | 0,324 |

Uzyskane wartości współczynników nieregularności średniego przepływu rocznego nie ujawniają wyraźnej prawidłowości rozmieszczenia w obrębie dorzecza. Wartości poniżej 3 wykazuje kilka rzek z obszaru wyżynnego, ale inne rzeki wyżynne — np. Bystrzyca w Sobianowicach i Giełczew — mają współczynniki znacznie większe. Stosunkowo dużymi współczynnikami charakteryzują się rzeki Polesia Lubelskiego: Tyśmienica w Siemieniu, Piwonia i Świnka. Wieprz na całej długości ma współczynniki oscylujące około 3. Są to wartości typowe dla rzek o ustroju śnieżnym równinnym (Pardé 1957). Otrzymane wartości współczynników nieregularności są nieporównywalne z podanymi dla rzek polskich przez Dynowską (1971), która obliczenia wykonała dla okresu krótkiego 1951—1960 i nietypowego, bo posusznego (tab. 2).

Tab. 2. Współczynniki nieregularności odpływu rocznego  
Coefficients of irregularity of annual outflow

| Rzeka      | Stacja<br>hydrometryczna | Okres obserwacji |         |
|------------|--------------------------|------------------|---------|
|            |                          | 1951-60          | 1951-80 |
| Wieprz     | Krasnystaw               | 1,69             | 2,77    |
| Wieprz     | Lubartów                 | 1,89             | 2,97    |
| Wieprz     | Kośmin                   | 1,92             | 3,18    |
| Bystrzyca  | Sobianowice              | 2,19             | 4,10    |
| Tyśmienica | Tchórzew                 | 2,70             | 4,24    |

Inną metodą stosowaną dla określenia nieregularności jest amplituda względna, obliczana jako stosunek różnicy skrajnych wartości średniego rocznego przepływu do modułu.

$$w = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q}$$

Zastosowanie tej miary daje podobne wyniki jak poprzednie, chociaż kolejność rzek według rosnących wartości ulega zmianie (tab. 1). Wprawdzie Por w obu przypadkach występuje jako rzeka o najmniejszej nieregularności odpływu rocznego, ale rzeki o nieregularności największej są przy zastosowaniu obu metod różne. Według współczynnika nieregularności największą nieregularnością odznaczają się rzeki Polesia Lubelskiego, zaś na podstawie amplitudy względnej — Giełczew. Anomalia Giełczwi wśród rzek Wyżyny Lubelskiej trudna jest do wyjaśnienia.

Amplitudę względną zastosowano do scharakteryzowania nieregularności odpływu rzek polskich w opracowaniu Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego (Przepływy charakterystyczne..., 1967). Krótki i nietypowy okres obserwacji 1951—1960 sprawił, że wartości liczbowe amplitudy są bardzo małe i nieporównywalne z wynikami uzyskanymi dla 30-lecia (tab. 3).

Tab. 3. Amplitudy względne odpływów rocznych  
Relative amplitudes of annual outflows

| Rzeka      | Stacja<br>hydrometryczna | Okres obserwacji |         |
|------------|--------------------------|------------------|---------|
|            |                          | 1951-60          | 1951-80 |
| Wieprz     | Krasnystaw               | 0,53             | 1,11    |
| Wieprz     | Lubartów                 | 0,67             | 1,26    |
| Wieprz     | Kośmin                   | 0,69             | 1,30    |
| Bystrzyca  | Sobianowice              | 0,81             | 1,57    |
| Tyśmienica | Tchórzew                 | 0,98             | 1,39    |

W kolejnym opracowaniu Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (Przebiegi charakterystyczne..., 1976), dotyczącym 15-lecia 1951—1965, zrezygnowano z charakteryzowania nieregularności odpływu rocznego za pomocą amplitudy względnej, a podano stosunek rocznych odpływów skrajnych do modułu.

Obie miary nieregularności odpływu — współczynnik i amplituda względna — uzależnione są od wartości skrajnych. Wyjątkowo mokry, a jeszcze bardziej rok wyjątkowo suchy w decydujący sposób wpływają na wartość współczynników. Nie ujawniają natomiast zmienności z roku na rok, a więc reakcji dorzecza na wielkość zasilania. Do oceny tak rozumianej zmienności odpływu zastosowano inną miarę.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n |Q_i - Q_{i+1}|}{(n-1) \cdot Q}$$

w której suma bezwzględnych różnic średniego przepływu dwóch kolejnych lat ( $Q_i$  oraz  $Q_{i+1}$ ) dzielona jest przez liczbę lat obserwacji  $n$ , pomniejszoną o 1 i przez moduł. Jest to zatem średnia zmienność odpływu z roku na rok, wyrażona miarą względną, pozwalającą na porównanie rzek o różnej wielkości modułu.

Wartości liczbowe współczynnika  $Z$  w dorzeczu Wieprza mieszczą się w granicach od 0,199 do 0,480. Najmniejszą zmienność przepływu z roku na rok wykazują dwa posterunki — Zwierzyniec na Wieprzu i Nawóz na Porze, które kontrolują odpływ z Roztocza. Odpływ roczny z tych zlewni najslabiej reaguje na różnice zasilania. Większą zmiennością odznaczają się rzeki Wyżyny Lubelskiej, wśród których dużymi wartościami wyróżniają się: Bystrzyca w Sobianowicach i Giełczew. Największe wartości związane są z rzekami nizinnymi — Tyśmienicą, Pivonią i Świnką. Wyjątek na niżu stanowi Bystrzyca Północna, odwadniająca morenową wysoczyznę Równiny Łukowskiej. Dorzecze jej charakteryzuje się niedużą zmiennością odpływu rocznego. Wieprz, który zbiera wody wszystkich dopływów, ma zmienność średniego rocznego przepływu wzrasta-

jącą dość konsekwentnie od źródeł do ujścia (tab. 1). Niewielka anomalia Łęcznej może być wynikiem niedokładności w szacowaniu odpływu w latach najsuchszych oraz poboru wody z rzeki do kanału Wieprz—Krzna.

Zastosowanie względnej zmienności jako miary nieregularności rocznego odpływu daje bardziej konsekwentny obraz zróżnicowania tego zjawiska w dorzeczu Wieprza. Warto też podkreślić, że wartość współczynnika zmienności mniej jest uzależniona od długości serii obserwacyjnej niż dwie miary poprzednie. Dla Kośmina na Wieprzu wartości współczynnika zmienności w dwóch 15-leciach wynoszą 0,284 i 0,308, a w 30-leciu 0,305, a dla Tyśmienicy w Tchorzewie odznaczającej się o wiele większą nieregularnością odpływu — 0,433 i 0,345 oraz 0,385 w 30-leciu.

Statystyczną miarą zmienności jest stosunek odchylenia standardowego do średniej wartości wyrazów ciągu wyrażony wzorem (Czetyński 1958):

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n \cdot \bar{y}^2}} - 1$$

Współczynnik zmienności  $C_v$  w dorzeczu Wieprza wynosi od 0,238 do 0,530. Rozkład przestrzenny wartości jest podobny jak współczynnika  $Z$ . Są wprowadzić różnice w kolejności malejących wartości, ale wyodrębniają się podobne grupy stacji. Do grupy stacji odznaczających się małymi współczynnikami  $C_v$  i  $Z$  należą: Krasnystaw na Wieprzu, Nawóz na Porze, Orlów na Wolicy, Krzak na Łabuńce i Lublin na Bystrzycy. Wszystkie znajdują się w pasie wyżyn. Druga grupa o większych wartościach współczynników obejmuje: Łęczną, Lubartów i Kośmin na Wieprzu, Małochwiej na Włodawce i Borki na Bystrzycy Północnej. Dwie stacje (Sobianowice na Bystrzycy i Biskupice na Gielczwi) mają jeszcze większe wartości i w obu ciągach zajmują te same pozycje (12 i 13). Ostatnią grupę tworzą stacje niżowe: Tchorzew i Siemień na Tyśmienicy, Puchaczów na Świnie i Parczew na Piwonii. Jedynie współczynniki obliczone dla Wieprza w Zwierzyńcu nie wykazują zgodności. Współczynnik  $Z$  jest w Zwierzyńcu najmniejszy, kwalifikuje więc górny Wieprz jako rzekę o najmniejszej zmienności rocznego odpływu w całym dorzeczu. Natomiast współczynnik  $C_v$  jest w Zwierzyńcu większy niż w Krasnymstawie i Łęcznej, co, biorąc pod uwagę retencyjność Roztocza (potwierdzoną też przez współczynnik Poru), nastrocza trudność przy wyjaśnianiu takiego rozkładu przestrzennego wartości współczynnika.

Zmiennością średniego rocznego przepływu zajmował się Dębski (1961), stosując jako miarę współczynnik zmienności obliczony za pomocą metody decylów. W jego pracy zagadnienie to zostało poruszone tylko w celu porównania dyspersji współczynników zmienności odpływów obli-

czanych dla różnych okresów oraz skrajnych przepływów i niektórych parametrów klimatycznych. Sprawie zmienności średnich przepływów rzek polskich poświęcona jest praca Stachego i Czarneckiej (1968). Autorzy stosując współczynnik zmienności  $C_v$  określili na podstawie serii 13 lat wartości w 172 profilach hydrometrycznych. W zestawieniu ich znajdują się 4 profile z dorzecza Wieprza. Wartości wyliczone przez nich różnią się od wyliczonych z serii 30-letniej (tab. 4).

Tab. 4. Współczynniki zmienności  $C_v$  średnich przepływów rocznych  
Variability coefficients  $C_v$  of average annual flows

| Rzeka      | Profil      | Seria 13 lat | Seria 30 lat |
|------------|-------------|--------------|--------------|
| Wieprz     | Krasnystaw  | 0,188        | 0,268        |
| Wieprz     | Lubartów    | 0,205        | 0,316        |
| Wieprz     | Koźmin      | 0,226        | 0,342        |
| Bystrzyca  | Soblanowice | 0,282        | 0,381        |
| Tyśmienica | Tchórzew    | 0,365        | 0,455        |

Zwiększenie współczynnika wraz z wydłużeniem serii obserwacyjnej jest zrozumiałe, w dłuższym bowiem okresie zróżnicowanie odpływu może być większe. Długość serii decyduje też o tym, że błąd średni współczynnika zmienności, wynoszący w przypadku wymienionych czterech stacji 21,5—23% w serii 13-letniej, zmniejsza się w serii 30-letniej i wynosi 14,6—17,8%. Współczynniki wyliczone zatem z dłuższej serii bardziej zbliżają się do rzeczywistych.

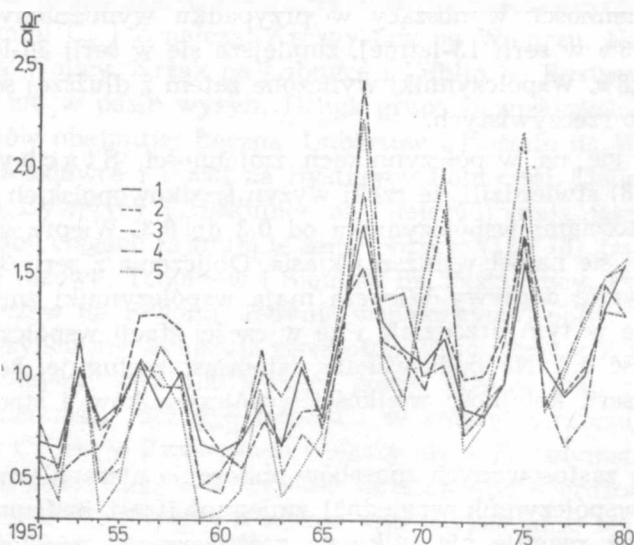
Opierając się na współczynnikach zmienności Stachy i Czarnecka (1968) stwierdzili, że rzeki wyżyn śródkowopolskich charakteryzują się wartościami współczynnika od 0,2 do 0,3. Wieprz w Krasnymstawie znalazł się nawet w niższej klasie. Obliczenia z serii 30 lat wykazały, że wyżynne dopływy Wieprza mają współczynniki zmienności nie mieszczące się w tym przedziale i że w części stacji współczynnik przekracza wartość 0,3. Na podkreślenie natomiast zasługuje, że w obliczeniach z obu serii kolejność wielkości współczynników 4 stacji jest taka sama.

Z czterech zastosowanych sposobów obliczania nieregularności rocznego odpływu współczynnik względnej zmienności jest instrumentem najczulszym, gdyż reaguje nie tylko na zróżnicowanie wielkości średnich rocznych przepływów, ale i na ich zmiany z roku na rok. Dwa ciągi składające się z tych samych wartości tylko inaczej rozmieszczonych w czasie dają takie same współczynniki nieregularności, tę samą amplitudę względną i jednakowy współczynnik  $C_v$ . Tylko współczynnik  $Z$  reaguje na różny rozkład wartości w czasie. Ilustruje to fikcyjny przykład. Dwie serie

10-letnie różnią się tym, że w pierwszej 5 lat kolejnych ma przepływy średnie 90 m<sup>3</sup>/s, a 5 następnych 110 m<sup>3</sup>/s, w drugiej zaś te same dwie wartości występują na przemian. W obu przypadkach średni przepływ wieloletni wynosi 100 m<sup>3</sup>/s. Współczynnik nieregularności wyliczony z obu serii wynosi 1,22, amplituda względna 0,2, a współczynnik zmienności  $C_v=0,1$ . Natomiast współczynnik zmienności  $Z$  w pierwszym przypadku równy jest 0,022, a w drugim 0,2. Bardzo wyraźnie podkreśla więc częstotliwość zmian.

Współczynnik  $Z$  ma też tę zaletę, że jest bardzo łatwy do obliczenia. Seria danych ułożonych chronologicznie nie wymaga porządkowania według innego kryterium. Nie musi się też dokonywać obliczania różnic średniego przepływu z roku na rok, a tylko między tymi latami, w których następuje zmiana tendencji wzrostowej średniego przepływu na malejącą oraz, gdy malejący przez kilka lat średni przepływ zaczyna wzrastać.

Wyliczone wskaźniki wykazują, że w dorzeczu Wieprza nieregularność odpływu rocznego jest — jak na niewielki stosunkowo obszar — bardzo zróżnicowana, przy czym główny kontrast występuje między częścią dorzecza należącą do Polesia Lubelskiego i resztą obszaru. Nie wyjaśniają one jednak, czy różnice nieregularności wynikają tylko z wiel-



Ryc. 2. Zmiany odpływu rocznego w okresie 1951—1980 w dorzeczu Wieprza; 1 — Wieprz w Krasnymstawie, 2 — Wieprz w Zwierzyńcu, 3 — Giełczew w Biskupicach, 4 — Tyśmienica w Tchórzewie, 5 — Piwonia w Parczewie

Yearly run-off changes during the period 1951—1980 for Wieprz river-basin; 1 — Wieprz in Krasnymstaw, 2 — Wieprz in Zwierzyniec, 3 — Giełczew in Biskupice, 4 — Tyśmienica in Tchórzew, 5 — Piwonia in Parczew



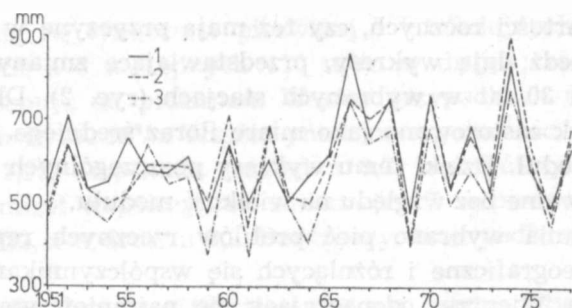
kości zmian wartości rocznych, czy też mają przyczynę w innym rytmie zmian. Odpowiedź dają wykresy, przedstawiające zmiany rocznego odpływu w ciągu 30 lat w wybranych stacjach (ryc. 2). Dla łatwiejszego porównania rzek zastosowano jako miarę iloraz średniego rocznego przepływu przez moduł. Dzięki temu wykresy poszczególnych rzek są całkowicie porównywalne bez względu na wielkość modułu.

Do porównania wybrano pięć profilów rzecznych reprezentujących różne krainy geograficzne i różniących się współczynnikami zmienności. Zwierzyniec na Wieprzu, odznaczający się najmniejszym współczynnikiem, jest reprezentatywny dla rzek Rostocza. Profil Wieprza w Krasnymstawie zamyka wyżynną część dorzecza. Rzeka ma tu mały współczynnik zmienności. Z rzek wyżynnych umieszczono na rycinie także Giełczew, która wyróżnia się nietypowo dużym współczynnikiem. Rzeki nizinne reprezentowane są przez Tyśmienicę w profilu Tchórzew i rzekę Piwonię w Parczewie, mającą największy współczynnik zmienności.

Wykresy wykazują generalnie podobne zmiany odpływu z roku na rok w całym dorzeczu niezależnie od wielkości zlewni, różnej wodności rzek i odmiennych warunków środowiska geograficznego. To podobieństwo w rytmie zmian wskazuje na jedność przyczyn w skali całego dorzecza, natomiast różnice między wykresami — na istnienie czynników o regionalnym charakterze oddziaływania na odpływ roczny.

Odpływ jest funkcją opadu modyfikowaną przez parowanie. O zmienności odpływu z roku na rok decyduje przeto zmienność rocznych sum opadu i ewapotranspiracji. Obszar dorzecza Wieprza jest stosunkowo nieduży i zbyt słabo zróżnicowany hipsometrycznie, aby zmiany sum opadu i parowania z roku na rok przebiegały odmiennie w różnych jego częściach. W całym dorzeczu notuje się w tych samych latach wzrost lub zmniejszenie rocznej sumy opadu i średniej temperatury powietrza — głównego czynnika parowania. Zmiany rocznych sum opadu w okresie 1951—1977 w trzech różnych częściach dorzecza Wieprza ilustruje wykres (ryc. 3). Zlewnia Wieprza po wodowskaz w Krasnymstawie obejmuje środkową część Rostocza oraz wschodnią, wyższą część Wyżyny Lubelskiej. Zlewnia Bystrzycy po wodowskaz w Sobianowicach obejmuje zachodnią, niższą część Wyżyny Lubelskiej, a zlewnia Tyśmienicy po wodowskaz w Tchórzewie leży cała na nizinie, głównie na Polesiu Lubelskim. Amplituda zmian sum rocznych opadu jest w trzech zlewniach różna, ale kierunek zmian prawie zawsze ten sam. Niewielkie niezgodności wystąpiły w czterech latach. Zwłaszcza w latach 1956 i 1961 odróżnia się zlewnia górnego Wieprza, w której zanotowano wzrost opadów, podczas gdy w pozostałych dwóch zlewniach nastąpił ich spadek.

Wielkość odpływu rocznego zależy jednak nie tylko od sumy nadwyżek wody opadowej, jakie chwilowo lub okresowo powstają w wyniku

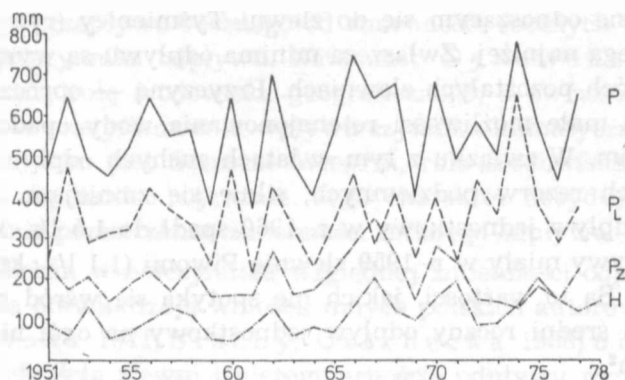


Ryc. 3. Opad roczny w wybranych zlewniach; 1 — zlewnia Wieprza do Krasnegostawu, 2 — zlewnia Bystrzycy do Sobianowic, 3 — zlewnia Tyśmienicy do Tchórzewa

Yearly precipitation for chosen basins; 1 — Wieprz basin to Krasnystaw, 2 — Bystrzyca basin to Sobianowice, 3 — Tyśmienica basin to Tchórzew

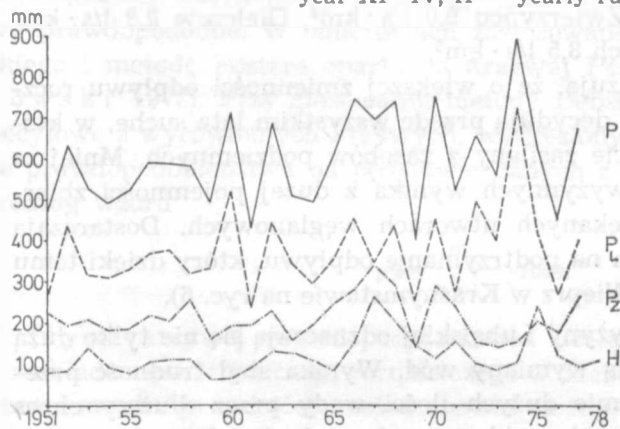
nierównomiernego rozkładu opadów i parowania. Wielką rolę odgrywa też czas, jaki potrzebny jest nadwyżkom wody opadowej na dotarcie do miejsca kontroli odpływu. Zależy to jest częściowo od czynników klimatycznych: od formy i intensywności opadu oraz od przebiegu temperatury powietrza, toteż różnice w wielkości i rozkładzie opadu oraz temperatury w obrębie dorzecza mogą wpływać na wielkość odpływu rocznego, a zatem i na jego zmienność z roku na rok. Duże znaczenie mają też czynniki terenowe, które w głównej mierze decydują o tym, ile wody opadowej spływa po powierzchni terenu bezpośrednio do rzek, a ile jej wsiąka i bierze udział w odpływie po odbyciu drogi podziemnej, co wymaga znacznie więcej czasu.

Regionalne różnice w nieregularności odpływu rocznego w dorzeczu Wieprza wynikają zatem z różnic w wielkości zasilania i z odmiennego reagowania zlewni cząstkowych na zasilanie. Dla wielkości odpływu rocznego znaczenie ma wielkość sumy opadu w całym roku hydrologicznym, gdyż nadwyżki opadowe mogą tworzyć się w każdej porze roku. Jednakże rolę ważniejszą odgrywa najczęściej opad zimowego półrocza. Potwierdzają to wykresy, na których przedstawiono odpływ i opady roczne oraz półroczne w trzech zlewniach (ryc. 4, 5, 6). Na wszystkich wykresach występuje znacznie wyraźniejsza zgodność przebiegu linii odpływu z liniami opadów zimowych niż letnich. Wynika to stąd, że opady zimowe w małej części są tracone na parowanie i biorą udział w odpływie czy to drogą spływu, czy też drogą podziemną. W lecie natomiast tylko nadmiary wody powstające w czasie obfitych deszczów docierają do rzeki. Mniejsze opady zużywane są na procesy ewapotranspiracji. Opady wczesnojesienne zaś często biorą udział w odpływie dopiero w następnym roku hydrologicznym.

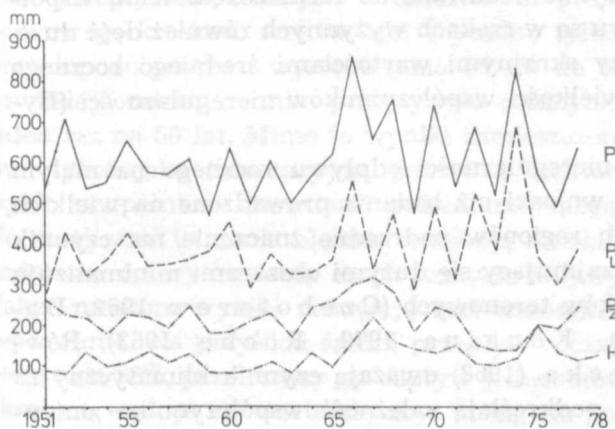


Ryc. 4. Opad i odpływ w zlewni Tyśmienicy do Tchorzewa w okresie 1951—1977; P — suma opadu w roku hydrologicznym,  $P_L$  — suma opadu w półroczu letnim

V—X,  $P_Z$  — suma opadu w półroczu zimowym XI—IV, H — odpływ roczny  
Precipitation and run-off for Tyśmienica basin to Tchorzew during the period 1951—1977; P — Total precipitation for the hydrological year,  $P_L$  — total precipitation for the summer half-year V—X,  $P_Z$  — total precipitation for the winter half-year XI—IV, H — yearly run-off



Ryc. 5. Opad i odpływ w zlewni Bystrzycy do Sobianowice w okresie 1951—1977  
Precipitation and run-off for Bystrzyca basin to Sobianowice during the period 1951—1977



Ryc. 6. Opad i odpływ w zlewni Wieprza do Krasnystawu w okresie 1951—1977

Precipitation and run-off for Wieprz basin to Krasnystaw during the period 1951—1977

Na wykresie odnoszącym się do zlewni Tyśmienicy (ryc. 4) linia odpływu przebiega najniżej. Zwłaszcza minima odpływu są wyraźnie mniejsze niż w dwóch pozostałych zlewniach. Przyczyną — oprócz mniejszych opadów — są małe możliwości retencjonowania wody opadowej na Polesiu Lubelskim. W związku z tym w latach suchych odpływ, słabo zasilany z ubogich rezerw podziemnych, silnie się zmniejsza. W dorzeczu Tyśmienicy odpływ jednostkowy w r. 1960 spadł do  $1,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ . Jeszcze mniejsze odpływy miały w r. 1959 zlewnie Piwonii ( $1,1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ) i Świnki ( $0,8 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ). Są to wartości, jakich nie spotyka się wśród rzek wyżynnych, których średni roczny odpływ jednostkowy na ogół nie spada poniżej  $2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ .

W latach obfitujących w wodę odpływ roczny wzrasta kilkakrotnie. Tyśmienica w Tchórzewie miała odpływ jednostkowy w r. 1967  $6,6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ , Piwonka  $8,2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  i Świnka  $7,6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ . Podobne wartości maksymalne wykazują rzeki w innych częściach dorzecza, np. Wieprz w Krasnymstawie  $7,0 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ , w Lubartowie  $6,8 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ , Wolica  $6,4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ , Por  $7,8 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ , Bystrzyca Północna  $7,4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ . Większe wartości ma tylko Wieprz w Zwierzyńcu  $9,0 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ , Giełczew  $9,8 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  i Bystrzyca w Sobianowicach  $8,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ .

Przytoczone dane wskazują, że o większej zmienności odpływu rocznego na Polesiu Lubelskim decydują przede wszystkim lata suche, w których odpływ nie jest obficie zasilany z zasobów podziemnych. Mniejsza zmienność odpływu rzek wyżynnych wynika z dużej pojemności zbiorników podziemnych w spękanych utworach węglanowych. Dostarczają one wody w latach suchych na podtrzymanie odpływu, który dzięki temu jest bardziej wyrównany (Wieprz w Krasnymstawie na ryc. 6).

Zbiorniki podziemne Wyżyny Lubelskiej odznaczają się nie tylko dużą pojemnością, ale i łatwością wymiany wód. Wynika stąd trudność przetrzymywania przez podziemie dużych ilości wody przez dłuższy okres suszy. Nadmiary są dość szybko oddawane do rzek. Dzięki temu współczynniki zmienności odpływu są w rzekach wyżynnych również dość duże. Duże są też różnice między skrajnymi wartościami średniego rocznego przepływu, co decyduje o wielkości współczynników nieregularności (Bystrzyca na ryc. 5).

Badanie zróżnicowania nieregularności odpływu rocznego na małym obszarze nasuwa odmienne wnioski niż badania prowadzone na wielkich obszarach. W skali wielkich regionów nadrzędne znaczenie ma czynnik klimatyczny, toteż autorzy zajmujący się dużymi obszarami minimalizują lub pomijają wpływ czynników terenowych (Czebotarew 1962, Dawydow, Dmitrijewa, Konkina 1972, Roche 1963). Również Stachy i Czarnecka (1968) uważają czynnik klimatyczny za decydujący. We wnioskach podkreślają zależność współczynnika zmien-

ności średniego przepływu rocznego od zmienności rocznych opadów i od wielkości współczynnika odpływu. Natomiast D y n o w s k a (1971) wysuwa jako ważną rolę środowiska geograficznego, a zwłaszcza retencyjności podłoża, w modyfikowaniu wpływu czynnika klimatycznego. W małym obszarze, jakim jest dorzecze Wieprza, rola środowiska geograficznego zaznacza się bardzo wyraźnie. Jego charakter decydująco wpływa na zróżnicowanie przestrzenne zmienności rocznego odpływu.

Wyniki obliczeń współczynnika względnej zmienności odpływu w dorzeczu Wieprza potwierdzają wniosek innych polskich autorów (D ě b s k i 1961, D y n o w s k a 1971, S t a c h y, C z a r n e c k a 1968) o braku związku między wielkością zlewni i nieregularnością odpływu rocznego.

W sytuacji, gdy średni roczny przepływ jest bardzo zmienny, ważnym zagadnieniem staje się określenie możliwych granic zmienności, zwłaszcza dolnej jej granicy, gdyż ubogie w wodę lata przysparzają najwięcej kłopotów gospodarce. Okres trzydziestoletni — nawet jeśli wystąpiły w nim lata wyjątkowo mokre i wybitnie suche — nie gwarantuje objęcia lat o wartościach ekstremalnych. Dlatego obliczono średnie roczne przepływy prawdopodobne. W obliczeniach zastosowano metodę decylową D ě b s k i e g o i metodę Fostera opartą na krzywej Pearsona typu III (B y c z k o w s k i 1972). Przy stosowaniu metody D ě b s k i e g o odczytano wartości decylowe z wyrównanych krzywych, wykreślonych w normalnej podziałce prawdopodobieństwa na podstawie danych z ciągu trzydziestoletniego według wzoru

$$p\% = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$$

Wybór krzywej prawdopodobieństwa uzależniono od jej zgodności z rozkładem punktów ciągu rozdzielczego w odcinkach skrajnych. W tab. 5 oznaczono, która z dwóch metod została zastosowana do obliczenia średnich przepływów rocznych o określonym prawdopodobieństwie. Biorąc pod uwagę krótkość serii w tab. 5 podano tylko wartości odpowiadające prawdopodobieństwu występowania od 2% do 98%. Skrajne wartości odpowiadają zatem średnim przepływom rocznym, których częstość wynosi jeden raz na 50 lat. Mimo to wyniki zamieszczone w tab. 5 można traktować tylko jako orientacyjne, ponieważ niektóre serie danych wyjściowych, uzupełnione metodami pośrednimi, mogą być obciążone błędami. Na możliwość istnienia błędów wskazują rozkłady punktów stanowiących podstawę do wykreślenia empirycznych krzywych prawdopodobieństwa. Także niektóre wyniki nasuwają taki wniosek, gdyż są trudne do zaakceptowania. Na przykład średni przepływ roczny Piwonii o prawdopodobieństwie 98%, przeliczony na odpływ jednostkowy, wynosi tylko  $0,32 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ , co wydaje się wartością zbyt niską. Na podstawie analizy wyników

Tab. 5. Średnie przepływy roczne w dorzeczu Wieprza o określonym prawdopodobieństwie występowania  
Average annual flows in Wieprz river-basin of a definite probability of occurrence

| Rzeka        | Stacja hydrometryczna | Śr. przepływy roczne w m <sup>3</sup> /s o prawdopodobieństwie występowania |      |      |       |       |       |       | Metoda obliczeń |
|--------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
|              |                       | 2 %                                                                         | 5 %  | 10 % | 50 %  | 90 %  | 95 %  | 98 %  |                 |
| Wieprz       | Zwierzyniec           | 3,59                                                                        | 3,25 | 2,99 | 2,11  | 1,27  | 1,04  | 0,756 | P               |
| Wieprz       | Krasnystaw            | 22,0                                                                        | 19,4 | 17,4 | 11,8  | 8,20  | 7,50  | 6,34  | D               |
| Wieprz       | Łączna                | 44,3                                                                        | 28,3 | 24,6 | 15,4  | 11,0  | 10,44 | 9,82  | D               |
| Wieprz       | Lubartów              | 48,7                                                                        | 41,1 | 35,3 | 21,2  | 15,7  | 15,1  | 14,6  | D               |
| Wieprz       | Kosmin                | 77,0                                                                        | 65,8 | 57,0 | 34,5  | 23,0  | 21,2  | 19,7  | D               |
| Por          | Mawóz                 | 4,50                                                                        | 4,07 | 3,73 | 2,73  | 2,03  | 1,83  | 1,73  | D               |
| Łabianka     | Krzak                 | 3,40                                                                        | 3,03 | 2,73 | 1,86  | 1,25  | 1,12  | 0,988 | D               |
| Nolice       | Orłów                 | 2,32                                                                        | 2,10 | 1,95 | 1,41  | 0,906 | 0,768 | 0,727 | P               |
| Wojśławka    | Łączochwiej           | 2,43                                                                        | 2,03 | 1,73 | 0,990 | 0,686 | 0,649 | 0,621 | D               |
| Giełczew     | Biskupice             | 2,59                                                                        | 2,28 | 2,03 | 1,32  | 0,831 | 0,729 | 0,630 | D               |
| Świnka       | Puchaczów             | 1,86                                                                        | 1,59 | 1,40 | 0,813 | 0,368 | 0,289 | 0,180 | P               |
| Bystrzyca    | Lublin                | 5,77                                                                        | 4,99 | 4,46 | 3,00  | 2,11  | 1,95  | 1,79  | P               |
| Bystrzyca    | Sobianowice           | 11,4                                                                        | 9,57 | 8,15 | 4,65  | 3,03  | 2,90  | 2,73  | D               |
| Tysmienica   | Siemień               | 9,28                                                                        | 7,80 | 6,83 | 3,46  | 1,56  | 1,21  | 0,893 | D               |
| Tysmienica   | Tchórzew              | 19,8                                                                        | 16,8 | 14,4 | 7,96  | 4,15  | 3,46  | 2,90  | D               |
| Piwonia      | Parczew               | 3,37                                                                        | 2,86 | 2,47 | 1,35  | 0,522 | 0,336 | 0,126 | P               |
| Bystrzyca Pn | Borki                 | 4,96                                                                        | 4,37 | 3,93 | 2,63  | 1,65  | 1,43  | 1,18  | P               |

można ocenić jako budzące wątpliwości wartości uzyskane dla stacji Zwierzyniec na Wieprzu, Biskupice na Giełczwi, Puchaczów na Świnie, Siemień na Tysmienicy i Parczew na Piwonii.

Porównanie średnich rocznych przepływów o prawdopodobieństwie występowania 2% i 98% ze średnimi przepływami z wielolecia pozwala sądzić, że zdarzający się raz na 50 lat największy odpływ może przewyższać odpływ średni dwukrotnie (1,8—2,3) i zmniejszać się w większości rzek do 0,5 jego wielkości. Zestawienie ze średnimi przepływami rocznymi z okresu 30-lecia pokazuje, że w 7 przekrojach największe średnie roczne przepływy dorównywały lub przewyższały wielkość średniego rocznego przepływu o prawdopodobieństwie występowania 2%, a w 4 profilach najmniejsze średnie roczne przepływy były mniejsze od przepływów o prawdopodobieństwie 98%. Wydaje się to zupełnie usprawiedliwione dużymi kontrastami opadowymi, jakie wystąpiły w 30-leciu 1951—1980.

Wyniki obliczeń średnich rocznych przepływów prawdopodobnych potwierdzają zróżnicowanie nieregularności odpływów z dorzeczy wyżynnych i niżowych. Współczynniki nieregularności liczone z  $Q_{2\%}$  i  $Q_{98\%}$  są znacznie wyższe w rzekach niżowych — Tysmienica w Tchórzewie 6,8, a w Siemieniu 10,4, Świnka 10,3. Tylko Bystrzyca Północna 4,2 zbliża się wielkością współczynnika do rzek wyżynnych, których wartości wynoszą od 2,6 (Por) do 4,2 (Bystrzyca w Sobianowicach). Nieco większa wartość w Zwierzyncu (4,7) wynika zapewne z niedokładności danych wyjściowych.

Zlewnie wyżynne różnią się też od niżowych wyraźnie wyższymi odpływami jednostkowymi o prawdopodobieństwie występowania 98%. Poza zlewnią Giełczwi ( $1,8 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ) i Wieprza w Zwierzyńcu ( $1,9 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ) odpływy nie spadają poniżej  $2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ , podczas gdy zlewnie niżowe mają wartości niższe — Bystrzyca Północna  $1,7 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ , Tyśmienica w Tchórzewie  $1,3 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ . Jeszcze mniejsze wartości Tyśmienicy w Siemieniu ( $0,9 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ) i Świnki w Puchaczowie ( $0,8 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ) są przypuszczalnie zanizone.

#### LITERATURA

- Byczkowski A. 1972, Hydrologiczne podstawy projektowania budowli wodno-melioracyjnych. Warszawa.
- Czebotarew N. 1962, Uczenie o stoke. Moskwa.
- Czetwertyński E. 1958, Hydrologia. Warszawa.
- Dawydow L., Dmitrijeva A., Konkina N. 1972, Hydrologia ogólna. Warszawa.
- Dębski K. 1956, Współczynniki zmienności w badaniach potamologicznych (Les coefficients de variabilité dans les recherches potamologiques). Przegl. Geofiz. I (IX), z. 3—4.
- Dębski K. 1961, Charakterystyka hydrologiczna Polski. Łódź—Warszawa.
- Dynowska I. 1971, Typy reżimów rzecznych w Polsce (Types of River Regimes in Poland). Zesz. Nauk. UJ CCLXVIII, Prace Geogr. z. 28, Prace Inst. Geogr. z. 50, Kraków.
- Pardé M. 1957, Rzeki. (Fleuves et rivières). Paris 1955, Warszawa.
- Przebiegi charakterystyczne rzek polskich w latach 1951—1960 (kier. nauk. J. Stachy). 1967, PIHM, Warszawa.
- Przebiegi charakterystyczne rzek polskich w latach 1951—1965 (kier. nauk. M. Herbst). 1976, IMiGW, Warszawa.
- Roche M. 1963, Hydrologie de surface. Paris.
- Stachy J., Czarnicka H. 1968, Współczynniki zmienności średnich rocznych przepływów w Polsce (Variability coefficients of yearly mean discharges in Poland). Prace PIHM 94, Warszawa.

#### РЕЗЮМЕ

Модуль стока, т.е. средний многолетний расход, является основным параметром характеризующим реку и позволяющим оценить водные резервы бассейна. Его значение зависит в значительной мере от изменчивости среднего годового расхода. Из двух рек с одинаковым модулем более благополучные условия представляет эта, в которой средний годовой расход менее изменчивый из года в год.

Анализ изменчивости среднего годового расхода Вепша, правого притока Вислы, опирается на серии данных за время 1951—1980. Неравномерность расхода определена четырьмя способами:

а) коэффициентом  $Q_{\max} : Q_{\min}$  где  $Q_{\max}$  наибольший средний годовой расход, а  $Q_{\min}$  самый малый на протяжении 30 лет;

б) относительной амплитудой  $\frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q}$  т.е. соотношением различий крайних величин среднего годового расхода до модуля;

в) коэффициентом изменчивости:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n Q_i^2}{n \cdot Q^2} - 1}$$

г) коэффициентом изменчивости:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i - Q_{i+1}}{(n-1) \cdot Q}$$

Две первые меры неравномерности зависят от крайних величин, определяют таким образом лишь диапазон изменчивости годового расхода. Коэффициент  $C_v$  характеризует изменчивость годового расхода на протяжении всего времени наблюдений. Подобным образом коэффициент  $Z$ . Однако его величина зависит не только от высоты годовых расходов но и от последовательности этих величин во времени. Коэффициент  $Z$  таким образом показывает реакцию бассейна на питание. Имеет кроме того то достоинство, что его легко вычислить. Серия данных расположенных хронологически не нуждается в оборудовании по иным критериям. Нет необходимости подсчитывать разницы среднего расхода из года в год, а лишь между этими годами, в которых тенденция роста среднего годового расхода меняется тенденцией падения, а также в том случае, когда средний годового расхода имеющий от нескольких лет характер падения начинает расти.

Результаты полученные четырьмя методами не совсем согласны (табл. 1), все однако указывают, что в бассейне Вепша неравномерность расхода является как на небольшую территорию — очень дифференцирована. Главный контраст намечается между частью бассейна расположенной в Люблинском Полесье и остальным бассейном. Они однако не выясняют причин неравномерностей. На это отвечают графики, представляющие изменения годового расхода за 30 лет в избранных станциях (рис. 2). Для лучшего сравнения рек применено в качестве меры частное среднего годового расхода через модуль. Благодаря этому графики отдельных рек вполне сопоставимы независимо от величины модуля. Для сравнения избрано 5 профилей рек представляющие разные географические районы и с различными коэффициентами изменчивости. Графики показывают вообще подобные изменения расхода из года в год во всем бассейне, независимо от водосборной площади, размеров рек и разных условий географической среды. Это сходство в ритме изменений указывает на единство причин в шкале всего бассейна, но разницы между графиками — на существование факторов о региональном влиянии на годового расход.

Расход является функцией атмосферных осадков модифицированной испарением. Об изменчивости расхода из года в год решает изменчивость годовых сумм осадков и эвапотранспирации. Площадь бассейна Вепша относительно невелика и слабо дифференцирована гипсометрически для того, чтобы изменения сумм осадков (рис. 3) и испарения из года в год проходили не одинаково в разных ее частях. Во всем бассейне отмечается в те же самые годы рост или понижение годового суммы осадков и средней температуры воздуха — главного фактора испарения.

Величина годового расхода зависит однако не только от суммы избытков воды из осадков, которые в данный момент или период имеются в итоге неравномерного распределения осадков и испарения. Большую роль играет тоже время необходимое избыткам воды на продвижение до места контроля расхода. Это частично зависит от климатических факторов — от формы и насилиния осадков, хода температуры воздуха, поэтому различия в величине и распределении осадка и температуры в пределах бассейна могут влиять на величину годового расхода, а поэтому и на его изменчивость из года в год. Большое зна-



чение имеют также местные факторы, которые в главной мере решают о том, сколько воды из осадков течет по поверхности непосредственно к рекам, а сколько инфильтрует и принимает участие в расходе после некоторого подземного пути, что требует некоторого времени.

Региональные различия в неравномерности годового расхода в бассейне Вепша вытекают таким образом из различий в величинах питания и из разного реагирования составных бассейнов на питание. Для величины годового расхода имеет значение величина суммы осадка во всем гидрологическом году, так как избытки атмосферной воды могут накапливаться в каждое время года. Однако решающую роль играет чаще всего осадок зимнего полугодия. Это подтверждают графики на которых представлены расход и годовые и полугодичные осадки в трех бассейнах (рис. 4, 5 и 6). На всех графиках намечается значительно более резкое согласие в ходе линии расхода с линиями зимних осадков по сравнению с летними. Это объясняется тем, что зимние осадки в небольшой степени испаряются, а в большей участвуют в расходе или в надземном или подземном стоке. Летом лишь избытки воды созданные во время обильных дождей достигают рек. Небольшие осадки расходуются в процессе эвапотранспирации. Раннее осенние осадки часто участвуют в расходе только в следующем гидрологическом году.

Факторами дифференцирующими неравномерность годового расхода в бассейне Вепша являются разные возможности водозадерживания в частичных бассейнах. Анализ годовых единичных расходов в пределах бассейна показывает, что о большой изменчивости годового расхода в пределах Люблинского Полесья решают прежде всего сухие годы, в которых расход не питается обильно из бедных подземных запасов. Меньшая изменчивость расхода рек возвышенностей вытекает из большой емкости подземных резервуаров в трещиноватых известняках. Они доставляют в сухие годы воду на поддержку стока, который благодаря тому является более равномерным. Однако подземные резервуары Люблинской Возвышенности характеризуются не только большей емкостью, но и легкостью обмена воды. Из этого вытекает трудность в удержании подземной воды в большом количестве через длинные сроки засухи. Избытки воды довольно быстро передаются рекам. Благодаря тому коэффициенты изменчивости годового стока в реках возвышенностей также довольно большие.

Исследования дифференциации неравномерности годового расхода на небольшой площади приводят к иным заключениям по сравнению с исследованиями больших площадей. В масштабе больших регионов ведущее значение имеет климатический фактор (2, 3, 10, 11). В малых бассейнах как бассейн Вепша, решающую роль имеет географическая среда. Подтверждается предположение о том, что нет связи между величиной площади питания и неравномерностью годового стока.

В условиях очень изменчивого годового расхода важным вопросом является определение возможных границ изменчивости, особенно нижней границы, так как сухие годы приносят самые большие трудности в хозяйстве. 30-ти летние наблюдения не гарантируют появления экстремальных лет, поэтому средние вероятные годовые расходы подсчитывались дециловым методом Дембского и методом Фестера основанном на кривой Пирсона типа III. Беря во внимание краткость серии приводятся лишь величины соответствующие вероятности появления от 2% до 98% (табл. 5). Сравнение средних годовых расходов с вероятностями появления 2% и 98% со средними расходами многолетия позволяет судить, что происходящий раз за 50 лет наибольший сток может превышать модуль двукратно (1,8—2,3) и уменьшается у большинства рек до 0,5 его величины.

## SUMMARY

A mean many years' discharge is the principal parameter for a river and allows an evaluation of water abundance of a drainage basin. Its significance depends mostly on a changeability of an annual runoff.

An analysis of this changeability in the Wieprz drainage basin (the Wieprz River is the right tributary of the Vistula) was based on data collected in 1951—1980. The changeability was defined by four ways:

a) with the use of the coefficient  $Q_{\max} : Q_{\min}$  in which  $Q_{\max}$  is the largest and  $Q_{\min}$  — the smallest mean annual discharge during 30 years,

b) with the use of the relative amplitude  $\frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q}$  that is the ratio of a result of the extremal values of the mean annual discharge to the normal annual value,

c) with the use of the changeability coefficient  $C_v$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_1^n Q_i^2}{n \cdot Q^2} - 1}$$

d) with the use of the changeability coefficient  $Z$

$$Z = \frac{\sum_1^n |Q_i - Q_{i+1}|}{(n-1) \cdot Q}$$

Coefficients calculated from the first formulae depend on extreme data so they define only a range of the annual runoff changeability. The coefficient  $C_v$  describes the annual runoff changeability during the whole observation period. It is similarly with the coefficient  $Z$  but its value does not depend only on the magnitude of the annual runoff but also on a succession of the latter in time. The coefficient  $Z$  reflects therefore a reaction of the drainage basin to its recharge. Besides, it can be easily calculated. A set of the data, arranged chronologically, does not need any other arrangement. A calculation of the differences of mean discharges are not necessary for each following year but only for the years in which the increasing trend of a mean annual discharge changes into the decreasing one or the opposite process is noted.

The results of these four methods are not entirely in agreement with one another (Table 1) but all of them prove that the annual runoff irregularity in the Wieprz drainage basin is, as for such small area, very differentiated. The main contrast is noted between the fragment of the drainage basin that belongs to Polesie Lubelskie, and the remaining part of it. But it is not explained if the irregularity differences result only from changes of the annual runoff or they arise also in another rhythm of changes. The answer comes from the diagrams that present the differences of the annual runoff during 30 years in some stations (Fig. 2). For the easier comparison of the rivers, a quotient of a mean annual and average runoff are applied. Due to that, the curves of particular rivers are completely comparable to one another. For the comparison, five river profiles were selected; they represented different geographical regions and possessed various changeability coefficients. The curves show generally similar annual runoff changes from year to year in the whole drainage basin, independently of the catchment area, varying water volumes and other conditions of a geographical environment. Such similarity

of rhythm of changes proves the presence of the same reasons for the whole drainage basin, whereas the differences among the curves — the occurrence of regional factors that affect the annual runoff.

The runoff is a function of precipitation, modified by evaporation. A runoff changeability from year to year is determined therefore by the changes of annual total precipitation and evapotranspiration. The Wieprz drainage basin occupies quite a small area and is too poorly hypsometrically differentiated that the changes of precipitation (Fig. 3) and evaporation totals might occur from year to year differently in its various parts. In the whole drainage basin an increase or a decrease of the annual total of precipitation and mean air temperature — the main evaporation factor — are noted in the same years.

A magnitude of the annual runoff depends not only on a total of a precipitation surplus that temporarily or periodically arise due to the irregular distribution of precipitation and evaporation. A significant role is also played by the time needed for the surplus of precipitation water to reach a runoff control point. It depends partly on climatic factors — type and intensity of precipitation as well as air temperature occurrence. For this reason changes in magnitude and distribution of precipitation and temperature within the drainage basin area can influence a magnitude of the annual runoff and therefore, its changes from year to year. An important part is also played by field factors that decide mainly how much precipitation water flows over the surface directly to rivers and how much percolates and participates in a runoff after its underground way (what needs a considerably more time).

Regional differences in the irregularity of the annual runoff in the Wieprz drainage basin result therefore from differences of recharge and different reaction of the partial catchments to the recharge. A total precipitation during the whole hydrological year is of significance for a magnitude of the annual runoff as the precipitation surplus can occur in any season of a year. But a decisive part is mostly played by a precipitation in winter. It is supported by the diagrams presenting an annual runoff and an annual precipitation as well as half-year precipitation in three catchments (Figs 4, 5 and 6). All the curves show a considerably more distinct agreement of the runoff with winter than with summer precipitation. Thus, the winter precipitation seems to be only slightly lost to evaporation and participates in the runoff, either in a surface flow or underground. On the other hand in summer only a surplus of water resulting from abundant rainfalls, can reach the rivers. The less abundant precipitation is used wholly for an evapotranspiration. The early autumn precipitation frequently does not participate in the runoff until the next hydrological year.

A different changeability of the annual runoff within the Wieprz drainage basin results from a various retention of water in partial catchments. A great changeability of the annual runoff in Polesie Lubelskie is mainly decided by dry years during which the runoff is not much recharged from poor ground resources. A smaller changeability of the upland rivers results from a greater volume of ground reservoirs in fissured carbonate rocks. They allow in dry years for a support of the runoff; due to that the latter is more levelled. But the ground reservoirs of the Lublin Upland have not only a great volume but also can easily exchange their water. Therefore, the ground cannot keep much water for a longer dry period. A surplus is quite easily drained to rivers. For this reason the changeability coefficients of the annual runoff are also quite high in the upland rivers.

Studies on the irregularity of the annual runoff in a small area result in other

conclusions than the investigations in large areas. The climatic factor is the most important one for large regions. In such a small area as the Wieprz drainage basin, a role of a geographical environment is the predominant one; it decides about a retention of a catchment. On the other hand, a conclusion on the absence of a connection between the catchment magnitude and the irregularity of the annual runoff is supported.

In the case of a very changeable annual runoff, a finding of the possible changeability limits is an important problem, especially of the lower limit as the years poor in water result in most practical perturbances. The thirty-years period does not guarantee to enclose the years with extremal values and so, probable mean annual discharges were evaluated by the decil method of Dębski and the Foster's method based on the Pearson's curve of the type III. Taking into account a short series, only the values corresponding with the occurrence probability from 2 to 98% were presented (Table 5). A comparison of mean annual discharges with occurrence probability 2% and 98% and mean many years' discharges enables to suppose that the greatest annual runoff, occurring once during 50 years, can be about twice as large as the average one (1.8—2.3) and can decrease in most rivers to 0.5 of its magnitude.