

i opisów. Drugą część katastru stanowić będzie atlas hydrologiczny wód, który w sposób synoptyczny ma podać dane zawarte w spisie (np. izolinie opadu, odpływu, czasu zlodzenia itp.), ponadto zawierać będzie dane fizjograficzne (budowę geologiczną, roślinność, klimat itd.).

## 9. Prognoza wezbrań

Na podstawie szczegółowych badań przebiegu dawnych fal powodziowych i retencji, staje się możliwe przepowiadanie stanów wody i przepływów w poszczególnych punktach ścieku na podstawie zjawisk zachodzących w górnym jego biegu. Ma to bardzo wielkie znaczenie gospodarcze wobec olbrzymich szkód, jakie powodzie wyrządzają. Rozszerzenie prognozy na stany średnie i niskie oddaje duże usługi różnym działom gospodarki wodnej, jak żegludze, wyzyskaniu sił wodnych itp.

Warunkiem prognozy jest otrzymywanie na czas wiadomości o przepływach i o zjawiskach meteorologicznych z tych miejsc, które decydują o wysokości wezbrania. Najlepsze wyniki otrzymamy, jeśli cała sieć wodowskazowa w danym dorzeczu posiada własne połączenia telefoniczne lub automatyczną sygnalizację stanów wody. Posługujemy się też publicznymi urządzeniami telegraficznymi i telefonicznymi lub własną siecią aparatów radiowych. Przy przepowiadaniu stanów średnich i niskich wystarcza zazwyczaj korespondencja pocztowa.

Stawianie prognozy następuje według różnych metod, wszystkie jednak opierają się na danych doświadczalnych z dawniejszych powodzi.

Metoda porównawcza polega na wyszukiwaniu w zapiskach statystycznych, w miarę nadchodzących wiadomości z górnego biegu rzeki, zjawisk podobnych do danego wezbrania. Możemy przy tej metodzie korzystać nie tylko ze spostrzeżeń wodowskazowych, ale także z doniesień o opadach, przede wszystkim ze stacji pluwiograficznych, a także z wiadomości o zmianach temperatury, ciśnienia, kierunku wiatrów i stopniu nasycenia gruntu.

Prostsza jest metoda oparta wyłącznie na spostrzeżeniach wodowskazowych. Przy tej metodzie ustala się stacje wodowskazowe, z których dobowe różnice poziomów wody wpływają na poziom wody na stacji, dla której prognozę układamy. Ogólne równanie będzie brzmieć:

$$\Delta H = a \Delta H_1 + b \Delta H_2 + c \Delta H_3 + \dots + K \quad (25)$$

Czasem relacja ta się upraszcza. Tak np. w Paryżu dobową elewacja Sekwany równa się podwójnej średniej elewacji z 8 stacyj umieszczonych na jej dopływach, albo też średniej z 7 nieco inaczej dobranych wodowskazów. Tę samą zasadę zastosowano do prognozy stanów wody na Dunaju w Wiedniu. Przepowiada się tam stan wody na 24 godziny naprzód na podstawie stanu z dnia poprzedniego przez dodanie zmiany  $\Delta H_1$  uzależnionej od wezbrania Dunaju przed przekroczeniem granicy dolnej Austrii, zmiany  $\Delta H_2$  spowodowanej dopływem w dolnej Austrii powyżej Wiednia (rz. Ybbs) i zmiany  $\Delta H_3$  wywołanej ewentualnym działaniem jazu na kanale Dunaju w Nussdorf.

$\Delta H_1$  = średniej arytmetycznej ze zmian na 2 wodowskazach na Dunaju: powyżej i poniżej ujścia Anizy w Mauthausen.

$\Delta H_2 = \frac{1}{4} \Delta H$  rzeki Ybbs, zaś w razie zamknięcia jazu w Nussdorf dochodzi

$$\Delta H_3 = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2}{6}$$

Stacja w Linzu i w Wiedniu rozporządza 60 punktami nadającymi stan wody w całym górnym dorzeczu Dunaju i 6 zamkniętymi ciągami obejmującymi wszystkie wodowskazy górnej Austrii, nadającymi automatycznie co 2 godziny stan wody. Prognoza dla Linzu i Wiednia jest podawana telefonicznie dalej. Obecnie uzupełniono sieć aparatami radiowymi; wszystkie zagrożone miejscowości mogą otrzymać wiadomość w ciągu 20 minut po ustaleniu prognozy.

Zamiast różnic można wprowadzić wprost odczyty wodowskazowe. Związek ułoży się dobrze tylko wówczas, jeśli stacje sygnalizujące tak będą dobrane, ażeby przy średniej prędkości przenoszenia się fali powodziowej wody z tych stacyj znalazły się równocześnie w miejscowości, dla której układamy prognozę. Otrzymamy wówczas związek:

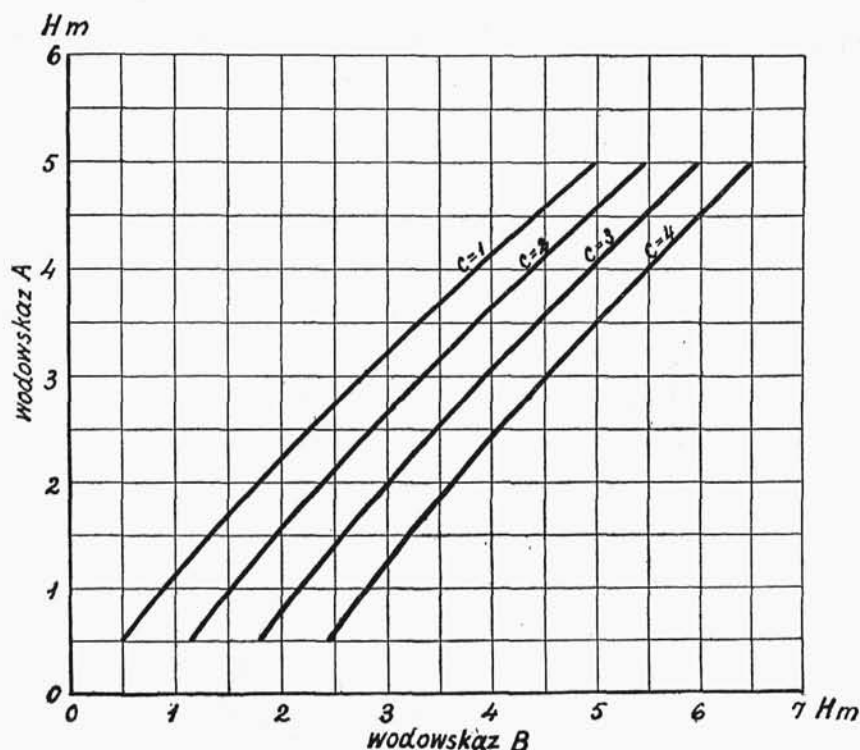
$$H = aH_1 + bH_2 + cH_3 + \dots + K \quad (26)$$

Do prognozy można też użyć wykreślnego sposobu przedstawienia przebiegu wezbrań według metody Hensella (rys. 76) ulepszonej przez Teina<sup>48)</sup>.

Znacznym uproszczeniem jest zużytkowanie wykresów związków wodowskazów, zwłaszcza jeżeli prognoza dotyczy nie jednej ale szeregu miejscowości położonych nad rzeką. Związki wodowskazów pomiędzy dopływami ustalić się dają względnie łatwo, natomiast związki wodowskazów przedzielonych większymi dopływami wymagają specjalnego opracowania. W tym celu wybie-

<sup>48)</sup> M. Tein. Ausschwellen in Thorn. Berlin. 1897.

rzemy z różnych ubiegłych powodzi takie spostrzeżenia, przy których przy jednym i tym samym stanie wodowskazu na dopływie zmienia się stan wody w rzece głównej. Zamiast jednej linii związku między wodowskazem A i B otrzymamy wiele linii odpowiadających różnym stanom wody na wodowskazie dopływu (C) (rys. 107a).



Rys. 107a.

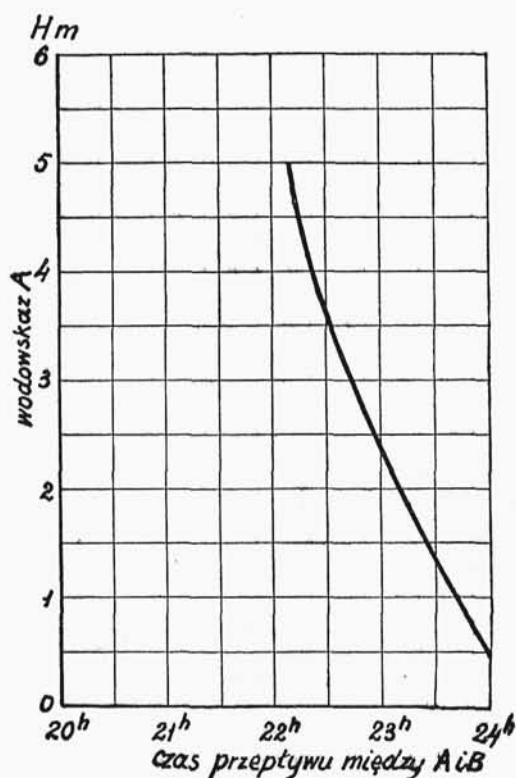
Związek wodowskazów uwzględniający różne stany wody w dopływie.

Z tego wykresu możemy dla każdego stanu wodowskazu A i C odczytać stan przyszły wodowskazu B. Mając prócz tego związek pomiędzy wysokością kulminacji w A i czasem przejścia jej od A do B (rys. 107b), możemy z tych dwu wykresów nakreślić prognozę dla stacji wodowskazowej B (rys. 107c).

Najdokładniejszą metodą układania prognozy jest operowanie objętościami przepływu. Suma objętości płynących rzeką główną i dopływami—z uwzględnieniem czasu potrzebnego do przejścia wody i znanego z dawnych powodzi spłaszczenia fali—pozwala odczytać na krzywej przepływu spodziewany stan wody. System ten za-

stosował inż. Sainjon na Loarze, zaś udoskonalił go inż. Moreau<sup>49)</sup>, wprowadzając ruchomą podziałkę uwzględniającą różny czas przenoszenia się fali przy różnych objętościach przepływu (rys. 108).

Również przy pomocy objętości przepowiada się stan wody na Łabie w Czechach. Objętość wody w Dieczynie równa się sumie objętości Chebu w Laun, Wełtawy w Pradze i Łaby w Brandeis + 10%. Zwyżka pochodzi stąd, że inne nieuwzględnione dopływy przewyższają wpływ spłaszczenia fali i strat na parowanie i przesiąkanie.



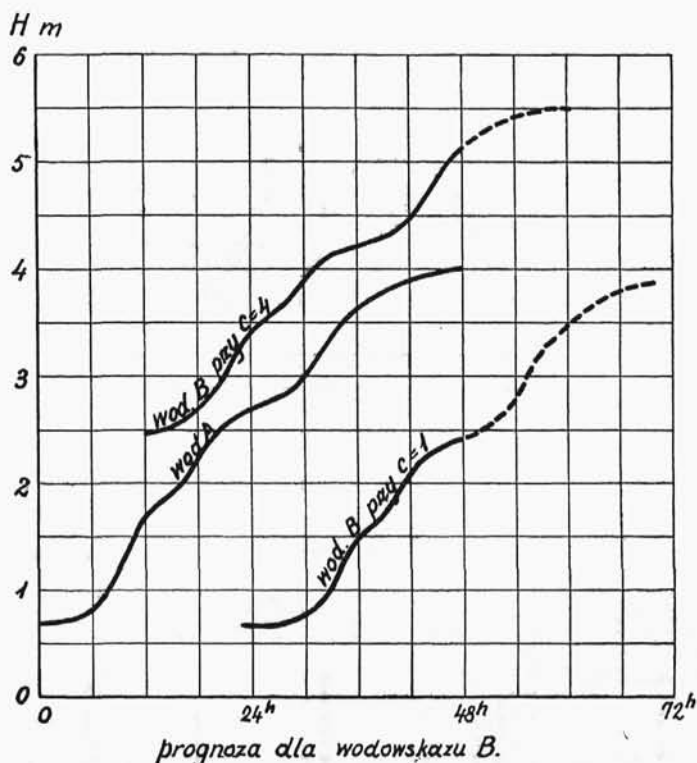
Rys. 107b.

Związek między wysokością kulminacji a szybkością jej przepływu.

W Polsce prognoza zorganizowana jest na Wiśle poniżej Krakowa. Jest ona kombinacją kilku metod. Opiera się na związkach czasu i przestrzeni, pozwalających odczytać czas przenoszenia się fali wezbrania przy różnych stanach, oraz na związkach wodowskazów. Z dopływów Wisły uwzględniono początkowo tylko Dunajec,

<sup>49)</sup> Annales des ponts et chaussées, 1934.

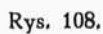
San i Bug z Narwią. Wpływ dopływów nieuwzględnionych korygowały wodowskazy pośrednie (Szczucin, Puławy). Później do sieci wciągnięto Sołę, Skawę i 7 wodowskazów na Wiśle. Sygnalizacja odbywa się codziennie kartkami pocztowymi lub telegramami. W czasie wielkiej wody, lub silnego przyboru przewyższającego pewien określony stan — telefonicznie do stacji zbiorczych: Warszawy, Krakowa i Torunia, które zawiadamiają Zarządy Wodne i Drogowe, magistraty, Radę Portu w Gdańsku, związki wałowe i urzędy administracyjne, cywilne i wojskowe.



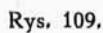
Rys. 107c.

Na Pomorzu istnieje 7 dawnych masztów sygnalizacyjnych, na których zawieszają się kule (wielka woda) lub stożki (pochód lodów). Jedna kula oznacza Kraków, 2 — Warszawę, 3 — Toruń. Ponadto zawiadamia się o przejściu kulminacji i o zjawiskach lodowych.

Wpływu wysokości wezbrania na czas przenoszenia się fali szukano przy pomocy współczynnika korelacji. Na niektórych przestrzeniach współczynnik korelacji jest prawie równy zeru, to zna-



• Średnio Zawichost-Warszawa 50 godz  
2 wiosną - - - 51 •



czy że zmiana stanu wody nie wpływa na czas przesuwania się fali powodziowej, np. między Zawichostem i Warszawą wynosi ten czas średnio 56 godzin. Tam gdzie współczynnik zmienia znak, mamy do pewnej wysokości wzrost prędkości wraz ze wzrostem stanu wody, poczem prędkość znów się zmniejsza mimo dalszego przyboru.

Dla szybkiego ułożenia prognozy sporządzono schemat stacyj i zaznaczono w kilku cyfrach czas przenoszenia się kulminacji przy kilku stanach wody (rys. 109).

Następnie na podstawie wielu powodzi oznaczono związki wodowskazów, które przedstawiają pętle. Pętle nie pochodzą z wody opadającej lub wznoszącej się, ale uwidaczniają wpływ nieuwzględnionych dopływów, które mogą dać różny stan wody na wodowskazie dolnym przy tym samym stanie wodowskazu górnego. Dla każdego związku wodowskazów mamy kilka pętli z dawnych wezbrań i od chwili rozpoczęcia wezbrania śledzi się bieg związku wodowskazowego, ażeby się zorientować, po której pętli obserwowana fala idzie, i tę wybiera się do dalszej prognozy (rys. 110). Oprócz dopływów wpływają też straty na parowanie i przesiąkanie, także kierunek postępującego zaleszczenia. Dla dopływu trzeba mieć związek z trzema wodowskazami. Początkowo robiono to przy pomocy równania

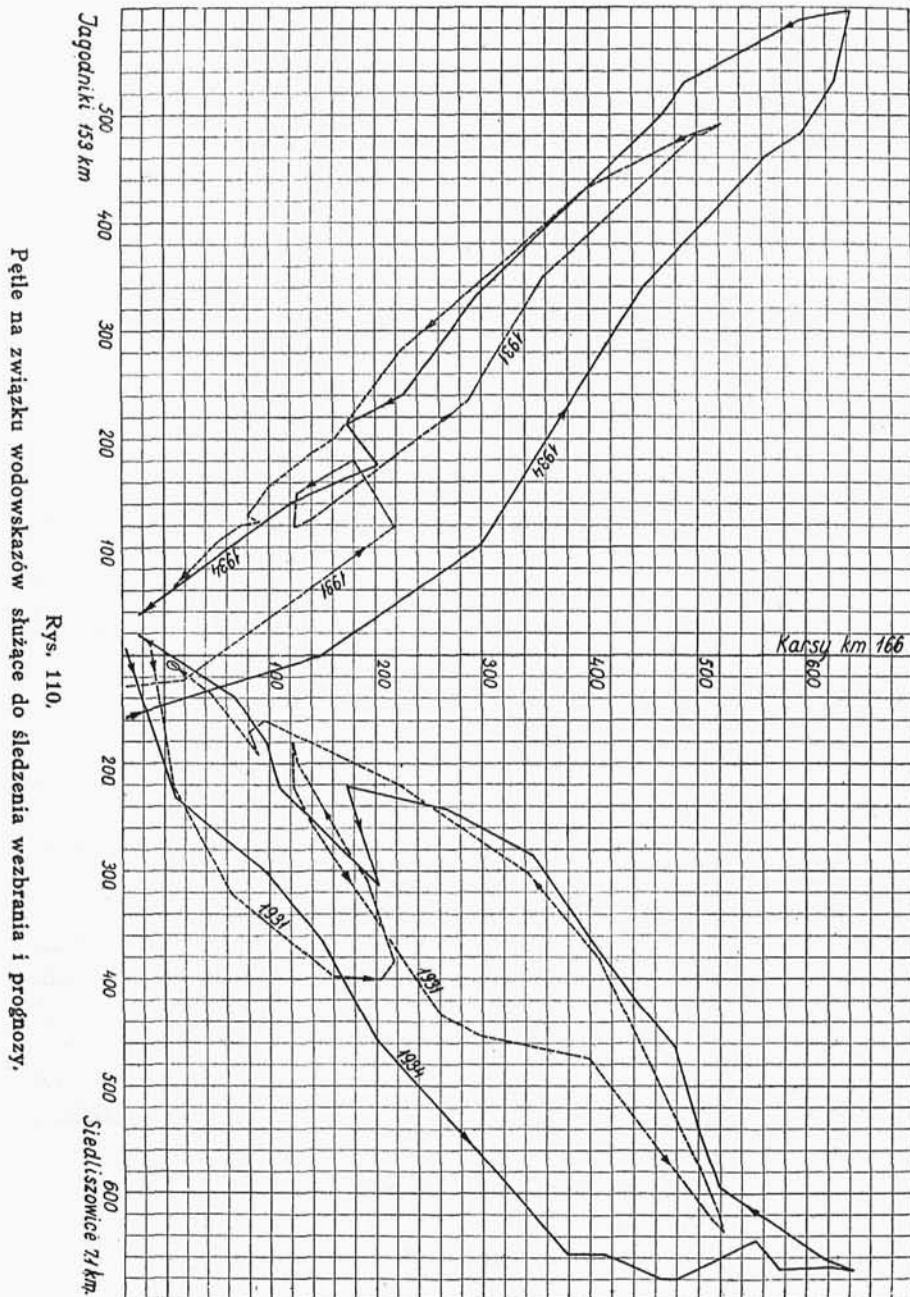
$$H_3 = AH_1 + BH_2$$

np. stan w Karsach równa się sumie  $\frac{46}{100}$  stanu w Jagodnikach i  $\frac{4}{10}$  stanu w Siedliszowicach.

Obecnie ustawione są nomogramy dla szeregu dawnych powodzi. Wyszukuje się w tym celu dla dwóch jednakowych kulminacyj w Karsach różne wartości stanów w Jagodnikach i Siedliszowicach, skąd otrzymuje się siatkę punktów, przez które można przeprowadzić prostą będącą miejscem geometrycznym różnych kulminacyj w Karsach. Na niej oznaczacza się więc wszystkie związki kulminacyjne, otrzymując w ten sposób podziałkę o nierównych odstępach. Przy ustawieniu prognozy łączymy stan w Siedliszowicach ze stanem w Jagodnikach i otrzymujemy na środkowej podziałce stan w Karsach (rys. 111).

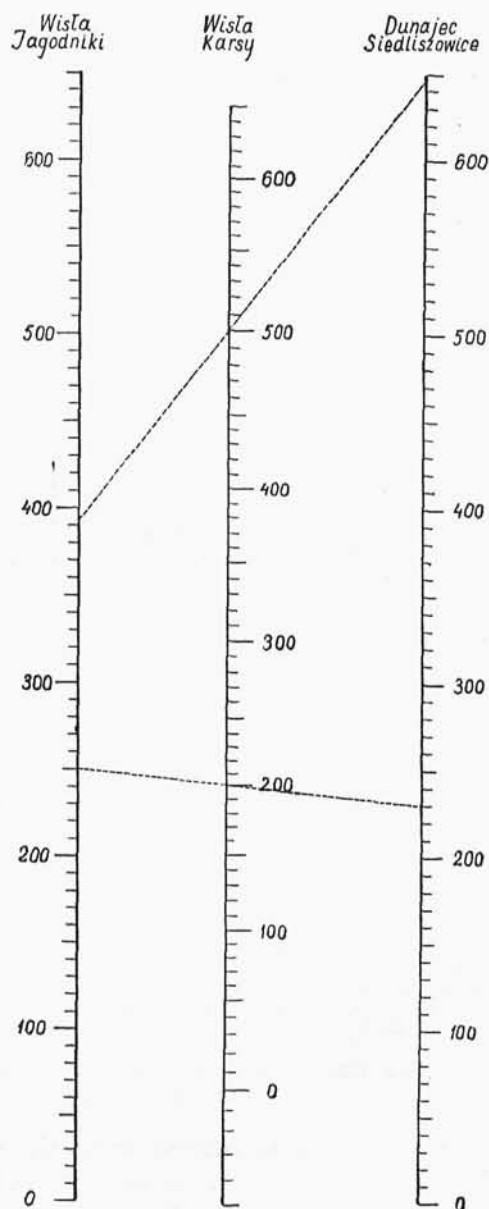
Wodowskaz w Szczucinie ma charakter kontrolny. Wobec małego znaczenia Nidy związek Karsy—Szczucin ma regularniejszy przebieg pętli: części odpowiadające wodzie wzrastającej i opadającej leżą bliżej siebie.

Związek Szczucin—Dąbrowa Wrzawska wykazuje nieregularność, bo nieuwzględniona jest fala Wiśłoki, która może dać duże wezbrania. Podobnie na Sanie wpływ Wiaru i Wiśłoku powoduje duże nieregularności w przebiegu pętli.



W podobny jak wyżej sposób określono nomogramem związek między Dąbrową i Radomyślem a Zawichostem, po czym już tylko jako kontrolny wodowskaz służą Puławy. Wpływ Wieprza i Pilicy nie jest uwzględniony.





Rys. 111.

Nomogram do prognozy stanów wody.

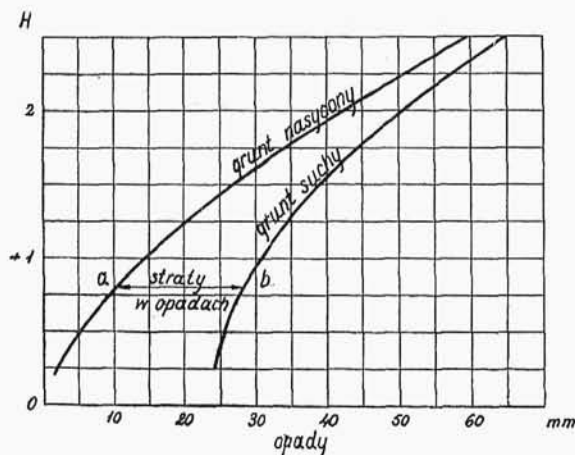
Na Bugu stany wody podawane są z Wyszkowa, na Narwi z Pułtuska. Stąd przy pomocy nomogramów określa się naprzód stan wody w Zegrzu; następnie z stanów wody w Warszawie i Zegrzu — stan wody w Płocku.

Dalsze związki Płock — Toruń i Toruń — Tczew są już bardzo regularne, zacieśniają się i zbliżają prawie do prostej linii. Natomiast daje się odczuwać zmiana koryta (pogłębienie) w Tczewie.

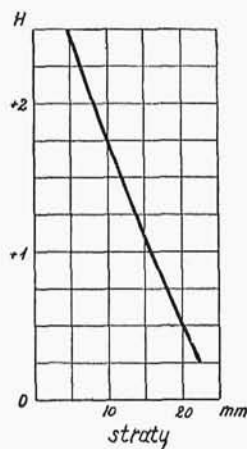
W czasie stawiania prognozy kreśli się równocześnie synoptycznie bieg stanów wody na wszystkich wodowskazach włączonych w sieć stacji służących do przepowiadania wezbrań, co pozwala na korekcję przyjętych czasów a także na wyeliminowanie błędów w przyjętych pętach.

Dotychczasowe wyniki są zupełnie zadowalające, tak co do czasu, jak i stanu (10....20 cm błędu), zwłaszcza jeżeli się zważy na środki, jakimi Instytut Hydrograficzny rozporządza (brak limniografów, urządzeń do przenoszenia obserwacji na odległość itp.).

Najtrudniej ustalić prognozę dla małych górskich dorzeczy o szybkim spływie wód. Nie można tam obejść się bez stacji meteorologicznej i badań gruntu. Na pewnej rzece francuskiej przeprowadzono badania związku opadu z odpływem przy pełnym nasyceniu gruntu, tj. bez strat na przesiąkanie (rys. 112).



Rys. 112.



Rys. 113.

Następnie ten sam związek ustalono w czasie posuchy, różnica „ab” daje dla różnych stanów maximum strat skutkiem przesiąkania. Ale w czasie posuchy stan podstawowy w rzece jest niższy, wyszukano więc kilka różnych stanów podstawowych, z których ułożono związek między stratą i stanem wody (rys. 113). Im niższy stan podstawowy, tym większa strata. Wykresy te sprawdzały się dobrze w czasie deszczów o niewielkim natężeniu, obejmujących całe dorzecze, natomiast zawodziły przy deszczach nawalnych. Szukano zatem związków, które dałyby równowartość pewnego de-

szczy nawalnego z jakimś deszczem długotrwałym pod względem wpływu na stan wody. Znaleziono ten związek w postaci współczynnika  $\varphi$ , przez który trzeba natężenie deszczu nawalnego pomnożyć, ażeby uzyskać natężenie zastępczego deszczu długotrwałego.

Dla przepowiedni stanów wody na rzece Mur w Pernegg<sup>50)</sup> (zakład wodny) w Styrii wzięto pod uwagę 6 stacyj opadowych, które reprezentowały odpowiednie powierzchnie dorzecza. Na podstawie badań dawniejszych powodzi znaleziono drogą rachunku korelacyjnego wpływ opadów na poszczególnych stacjach na stan wody w rzece i na tej podstawie ułożono wykresy. Musiano jednak związek rozdzielić na trzy różne grupy w zależności od rodzaju opadów (deszcze długotrwałe, deszcze ze śniegiem na skorupę śnieżną, deszcze burzowe na suchą ziemię), sumy opadu i stanu wilgotności gruntu. W podobny sposób ustalono związek pomiędzy najniższą temperaturą na tych stacjach i przyrostem wody w rzece wskutek tajania śniegu, osobno dla świeżego śniegu z deszczem na gołej ziemi i dla śniegu starego. Wreszcie ustalono związek między zmniejszaniem się odpływu (w procentach) i czasem w 6 grupach: 3 dla różnych deszczów j.w., 2 dla topnienia i ostatnia grupa: po nagłym zlodzeniu rzeki (temperatura poniżej — 10° C).

Prognozę stawia się w ten sposób, że wzrost objętości z opadu i tajania w poszczególnych rejonach opadowych dodaje się do objętości przepływającej przed nastaniem deszczu, otrzymując przewidywane objętości wieczorne w dniu otrzymania meldunków rannych o deszczach. Następnie oblicza się dane z deszczów dnia następnego, a objętość dnia poprzedzającego zmniejsza się o procent, jaki odpowiada rodzajowi deszczu i stanowi gruntu, i otrzymuje się znów objętość wieczorną. Po ustaniu deszczu pozostaje tylko ubytek w związku z czasem. Porównanie prognozy z faktycznymi wezbraniami dało dobre rezultaty.

Później rozszerzono tę przepowiednię przez prognozę deszczów, przeprowadzoną na podstawie badań zmian w ciśnieniu i temperaturze w kilku wybranych stacjach. Obliczając w równaniu

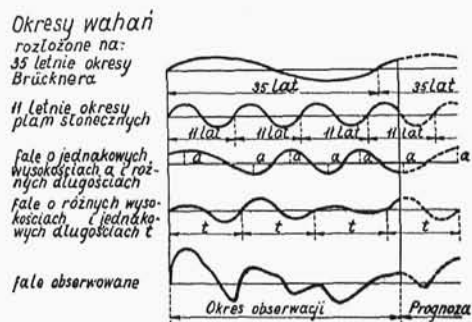
$$h_{mm} = a \Delta B + b \Delta T + c \quad (27)$$

z poprzednich deszczów współczynniki  $a$ ,  $b$  i  $c$  dla danych zmian ciśnienia i temperatury, można przepowiedzieć dla tej okolicy wielkość oczekiwanego opadu dziennego (z dokładnością w porze letniej do 25%, zimowej do 33%) dzięki dość prostym związkom między układem wyżów i niżów, temperaturą i opadami.

<sup>50)</sup> Wasserwirtschaft z r. 1928 i 1933.

Wielkie znaczenie gospodarcze jakie ma prognoza stanów wody powoduje, że nie ograniczamy się dziś do przepowiedni stanów wody w czasie wezbrań, ale staramy się przewidzieć wcześniej możliwość powodzi oraz przeciętnych przepływów w dłuższych okresach czasu. W części I podaliśmy próbę określenia średnich miesięcznych przepływów na podstawie znajomości opadów i temperatury w poprzednich miesiącach.

Innego rodzaju badania dotyczą szukania pewnej prawidłowości w następstwie lat o przepływach obfitych i ubogich w wodę. Pod tym względem ciekawe wyniki otrzymał dla rzek skandynawskich Wallen<sup>51)</sup>. Opierając się na cyklu brücknerowskim i jedenastoletnim okresie plam słonecznych, Wallen rozłożył wahania roczne na pewne fale podstawowe przy różnych amplitudach wahań. Stąd mając dalszy przebieg cykli podstawowych, mógł złożyć je w prawdopodobny wynik rocznych przepływów w latach następnych. Objasnia to rys. 114.



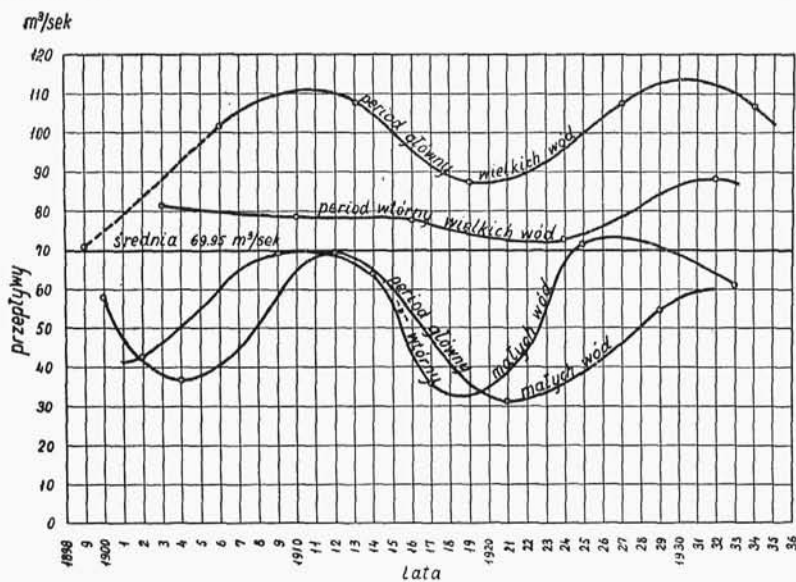
Rys. 114.

Periodyczność pojawiania się lat suchych i mokrych, podana dla opadów w części I Hydrologii na str. 39 i następnych, występuje bardzo wyraźnie w przeciętnych odpływach rocznych z pewnego dorzecza. Dla Dunajca w Rożnowie (4861 km<sup>2</sup> dorzecza) zostały obliczone średnie przepływy roczne od 1898 aż do 1934 r. (rys. 115). Przeciętny przepływ w tym okresie czasu wynosi 68,95 m<sup>3</sup>/sek. W tych latach zaznaczają się wyraźnie dwa okresy po sobie następujących lat suchych i mokrych, przy czym odstępów czasu między latami w każdym okresie wynoszą około 7 lat, między okresami 2 lata, tak iż między rokiem mokrym jednego okresu a mokrym drugiego upływa około 11 lat czasu. Obliczenie wykonane dla kongre-

<sup>51)</sup> A. Wallen. Les previsions des niveaux d'eaux et des debits en Suède.

su hydrologicznego w Barcelonie w roku 1928<sup>52)</sup> przewidywało rok mokry 1934 oraz suchy 1936, co też się później sprawdziło.

Zestawienie podane na str. 188 zawiera przed rokiem 1898 lata charakterystyczne wzięte z okresów znanych opadów, następne lata z okresów znanych przepływów. Różnice roczne, jakie w kilku wypadkach istnieją między latami charakterystycznymi opadów i przepływów, wynikają z istniejącej bardzo znacznej retencji terenowej, która wprowadza pewne przesunięcia odpływu w stosunku do opadu.



Rys. 115.

Wykres periodycznych zmian w przeciętnym rocznym przepływie Dunajca w Rożnowie.

Dla rzek, które posiadają wezbrania raz do roku spowodowane zjawiskami zmiany ciepłoty (topnienia śniegu), można się pokusić o przepowiednię na podstawie większego lub mniejszego zaśnieżenia dorzecza. Ponadto im później rozpoczyna się okres tajania, tym większego wezbrania można oczekiwać. Analizując wezbrania na rzece Wilii w Wilnie, Kollis<sup>53)</sup> doszedł do rezultatu, że maxima pojawiają się w marcu (35,8%) i kwietniu (53,8%), przy czym wezbrania kwietniowe są na ogół wyższe. Obliczając następnie prawdopodobień-

<sup>52)</sup> K. Pomianowski. The probability of occurrence of the annual average maximum and minimum flow of the river Dunajec at Rożnów Poland and the Periodic cycles of such flows.

<sup>53)</sup> W. Kollis, Wezbrania Wilii oraz częstotliwość ich występowania. Czasopismo Techniczne. 1933 r. Nr 6, 7, str. 80, 100.

*Tabela 9.*

Okres I				Okres II			
lata mokre		lata suche		lata mokre		lata suche	
rok	przepływ m <sup>3</sup> /sek.	rok	przepływ m <sup>3</sup> /sek.	rok	przepływ m <sup>3</sup> /sek.	rok	przepływ m <sup>3</sup> /sek.
1885	—	1886	—	1888	—	1890	—
1893	—	1895	—	1897	—	1898	57,7
1899	70,5	1902	42,6	1903	81,1	1904	36,4
1906	101,2	1909	69,2	1910	78,1	1912	69,4
1913	107,5	1914	63,8	1916	77,9	1917	35,6
1919	81,1	1921	31,2	1924	72,5	1925	71,6
1927	107,2	1929	54,5	1932	88,1	1933	60,9
1934	107,0	1936	—	(1938)	—	(1939)	—
średnio:	96,75		52,26		79,54		55,26

<i>Zestawienie różnicy w czasie</i>							
1885	1	1886	2	1888	2	1890	3
8		9		9		8	
1893	2	1895	2	1897	1	1898	1
6		7		6		6	
1899	3	1902	1	1903	1	1904	2
7		7		7		8	
1906	3	1909	1	1910	2	1912	1
7		5		6		5	
1913	1	1914	2	1916	1	1917	2
6		7		8		8	
1919	3	1921	3	1924	1	1925	2
8		8		8		8	
1927	2	1929	3	1932	1	1933	1
7		7					
1934	2	1936		(1938)		(1939)	
przeciętnie: 7,00	2,13	7,15	2,00	7,34	1,28	7,18	1,71 lat

<i>Różnica lat w okresach mokrych:</i>				
1885	—	1897	różnica	12 lat
1893	—	1903	"	10 "
1899	—	1910	"	11 "
1906	—	1916	"	10 "
1913	—	1924	"	11 "
1919	—	1932	"	13 "
1927	—	1938	"	(11) "

przeciętnie 11,17 lat.

stwo pojawiania się wysokich stanów wody na podstawie danych z r. 1882 — 1933 w postaci sum z 2-leci, starał się określić wielkość wezbrania przyszłorocznego jako resztę z wezbrania tegorocznego i prawdopodobnej sumy z dwulecia.

Większe zbliżenie można otrzymać operując nie dwuleciami ale dłuższym okresem, ponieważ sumy najwyższych stanów ulegają wtedy małym odchyłkom. Prognoza wówczas opierałaby się na wzorze

$$H_{max} = \Sigma_1^n H_{max} - \Sigma_1^{n-1} H_{max} \quad (28)$$

gdzie  $\Sigma_1^n H_{max}$  byłaby wartością mało zmienną, a więc z góry przyjętą.

Dalsze przybliżenie uzyska się biorąc pod uwagę nasycanie dorzecza wilgocią  $H_{max} = f(\Sigma H_{max}, n)$  przy czym jako wskaźnik można wziąć stan wody w październiku ubiegłego roku. Na tych podstawach dla Wilna układa Kollis równanie:

$$H_{max} = 2030 + 5,19 n - 1,98 \Sigma_1^5 H_{max} \quad (29)$$

biorąc za  $n$  przeciętny stan wody w październiku i wezbrania z lat 5.

Na krótszą metę ale dokładniejszą prognozę otrzymał Kollis biorąc pod uwagę zimowe opady i temperatury:

$$H_{max} = 524 - 0,246 \Sigma_1^5 H_{max} + 0,35 n + 6,08 h - 5,28 t \quad (30)$$

gdzie  $h$  jest sumą opadów a  $t$  sumą temperatur w grudniu, styczniu i lutym dla Wilna.

Prognozą wiosennej powodzi zajmował się w Rosji Lebiediew<sup>54)</sup>. Wziął on pod uwagę nasycenie gruntu wodą w jesieni  $P$ , grubość pokrywy śnieżnej  $N$  oraz  $J$  — przewidywany układ barometryczny na wiosnę. Warstwę śnieżną — wobec braku najczęściej bezpośrednich pomiarów — ocenia z obfitości śniegów i ilości odwilży, zaś nasycenie gruntu ze stanu wody w jesieni. Znaczenie czynników określa 5 stopni, np. przeciętnemu zaśnieżeniu odpowiada stopień (cyfra) 0, minimalnemu zaśnieżeniu: stopień  $-2$ , a maksymalnemu:  $+2$ .

Wzór Lebiediewa brzmi

$$H = N + \frac{P + J}{2}, \quad (31)$$

gdzie  $H$  również będzie wyrażone w stopniach, a więc stan bardzo wysoki będzie określony stopniem  $+2$ , stan wysoki — stopniem  $+1$ , średni: 0, niski:  $-1$ , wreszcie stanowi bardzo niskiemu odpowiada stopień  $-2$ . Przejście do stanu wody w metrach określa się drogą

<sup>54)</sup> Metodę przewidziania wysokości wiosennej powodzi riek. Izwestija Ruskogo Gidrologiczeskogo Instituta. Nr 11.



odchylen. Jeżeli  $S$  jest przeciętnym najwyższym wiosennym stanem wody zaś  $D$  przeciętną odchyłką, to

$$\frac{h - S}{D} = H$$

gdzie  $h$  jest najwyższym stanem szukany. Stąd

$$N + \frac{P + J}{2} = \frac{h - S}{D} \quad (32)$$

Tą drogą można określić na 1 — 1½ miesiąca naprzód spodziewany stan wody z dokładnością powyżej 75%. Dla Wołchowa wprowadzono zamiast stanów wody przepływy.

## 10. Zjawiska posuchy

Układanie prognozy dla stanów średnich i niskich, na krótki okres czasu (kilkudniowy) nie przedstawia żadnych trudności. Związki wodowskazów są przy stanach niższych ściśle określone, czas przepływu wody nie ulega zmianom, błędy zatem popełnione przy przeprowadni będą minimalne.

Obok występujących co roku niskich stanów wody, zdarzają się jednak stany wyjątkowe, które podobnie jak wezbrania powodzowe mogą stać się klęską gospodarczą. Niezwykle niskie stany wody w rzekach, nie tylko bezpośrednio wyrządzają szkodę obniżając ich żeglowność i splawność, zmniejszając energię i utrudniając nawodnienia, ale także powodują obniżenie stanu wód gruntowych, przez to wpływają ujemnie na wegetację. Jest zatem rzeczą wielkiej wagi zbadanie granic, do jakich może dojść obniżenie się stanów wód i przepływów w rzekach i zorientować się o czasie trwania okresu posuchy.

Podobnie jak przy powodziach, przyczyną katastrofalnie niskich stanów wody są zjawiska meteorologiczne. Można tu odróżnić dwa zasadnicze wypadki. Pierwszy, kiedy po ostrej zimie niedopuszczającej wsiąkania nastąpi wczesne stopnienie śniegu, potem zaś długi okres bezdeszczowy. Przykładem posuchy tego rodzaju jest niezwykle niski stan wód w r. 1904. Zjawisko zaostcza się, jeżeli poprzednie lato było suche i wyczerpało zasoby wód gruntowych. Przykład 1921 i 1930 r., po gorących latach 1928 i 1929. Rys. 116 pokazuje bieg dzienny stanów wody na Wiśle w Korzeniowie od 1927 do 1930 r. w porównaniu z przeciętnymi stanami z okresu 1812 — 1897 oraz nadmiar i niedobór opadów w dorzeczu.