

RECUEIL DE RAPPORTS
SUR LES METHODES D'ETABLISSEMENT DES PREVISIONS HYDROLOGIQUES
POUR LE DANUBE

COMMISSION DU DANUBE

Budapest - 1965

Le recueil de rapports "Sur les méthodes d'établissement des prévisions hydrologiques appliquées sur le Danube" est publié conformément au Plan de travail de la Commission du Danube pour 1964/1965, sous forme de publication préliminaire.

Le recueil comprend les matériaux originaux reçus des services et instituts hydrométéorologiques compétents de la Bulgarie, de la Hongrie, de la Roumanie, de l'Union Soviétique, de la Tchécoslovaquie et de la Yougoslavie.

S O M M A I R E

	Page
Méthodes d'établissement des prévisions hydrologiques appliquées en République Populaire de Bulgarie	2
en République Populaire Hongroise	7
en République Populaire Roumaine	22
en l'Union des Républiques Socialistes Soviétiques	28
en République Socialiste Tchèque Slovaque ..	48
en République Socialiste Fédérative de Yougoslavie	53
Annexes au texte présenté par la	Nos
République Populaire Hongroise	1-7
Union des Républiques Socialistes Soviétiques	1-9
République Socialiste Tchèque Slovaque	1-6
République Socialiste Fédérative de Yougoslavie	1-2

Méthodes d'établissement des prévisions hydrologiques appliquées en République Populaire de Bulgarie

En Bulgarie, pour les besoins de la navigation fluviale, des prévisions des niveaux d'eau du Danube avec une échéance de deux jours sont publiées régulièrement tous les jours, tandis que des prévisions avec échéance de 10 jours sont publiées périodiquement (tous les 10 jours).

Pendant les crues on établit des prévisions de l'affluence des eaux par suite de l'abondance des précipitations dans le pays et en tenant compte de leur effet sur l'élévation du niveau du Danube. En hiver sont établies des prévisions des phénomènes de glace. Avec les prévisions hydrologiques sont publiées les prévisions météorologiques relatives aux précipitations, vent, température et brouillard.

La prévision du niveau avec échéance de 2 jours est établie d'après la méthode de la correspondance des niveaux à deux stations hydrométriques voisines, entre lesquelles la distance est telle que le temps de l'arrivée du flot (τ) de l'une d'elles jusqu'à l'autre est égal ou supérieur à l'échéance de la prévision. On publie de pareilles prévisions des niveaux du Danube à Lom, Roussé et Silistra.

Les prévisions des niveaux à une échéance allant jusqu'à 10 jours sont établies d'après la méthode des changements du débit d'eau. L'essence de cette méthode est la suivante:

A partir des observations du niveau d'eau du fleuve et de ses affluents aux stations hydrométriques situées en amont, on établit les changements du débit d'eau pendant le temps écoulé jusqu'au moment de la prévision qui est égal à l'échéance de la prévision. L'échéance, à son tour, est égale ou inférieure au temps de l'arrivée du flot des stations hydrométriques indiquées jusqu'à la station de clé. Ces changements sont multipliés par des coefficients exprimant la déformation des flots de rétention pendant leur mouvement dans les lits des fleuves jusqu'à la station de clé.

Sur la base des observations et de la prévision des précipitations dans le bassin versant complémentaire, les changements de l'affluence causés par les précipitations pendant la période de la prévision sont établis d'après la carte spéciale des isochromes.

Les modifications du débit d'eau et de l'affluence causée par les précipitations établies de cette manière sont ajoutées à la station hydrométrique. Le résultat reçu signifie le débit attendu pour la période de la prévision. A partir de la quantité d'eau prévue de cette façon sera défini le niveau d'eau qui est à attendre. L'augmentation graduelle de l'échéance des prévisions de 1 à 10 jours donne l'évolution des changements attendus des niveaux d'eau. De cette évolution on peut définir les valeurs caractéristiques des niveaux pendant la période de la prévision.

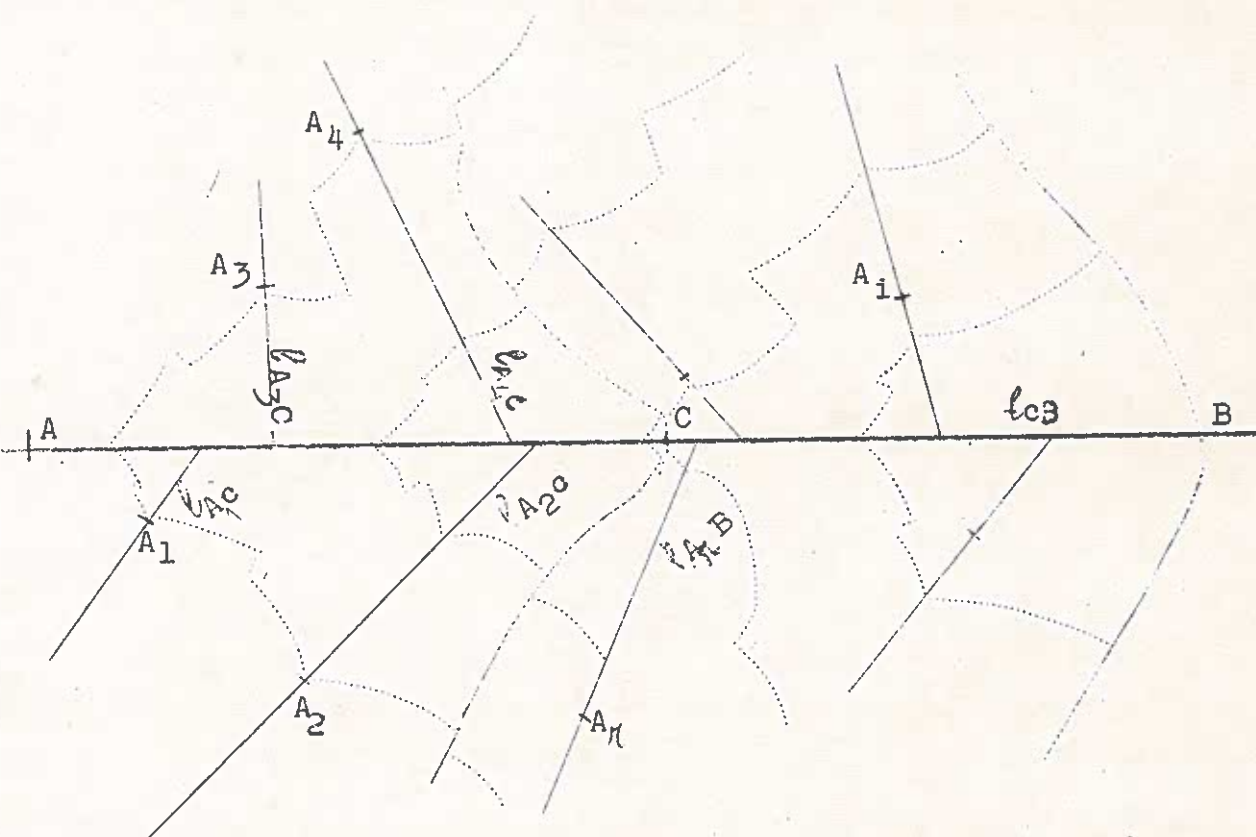


Fig. 1

Schéma d'un secteur fluvial. B - point clé pour lequel les prévisions sont dressées. A, A₁, A₂ ... A_n - points dont les observations servent à publier la prévision. I. Partie supérieure; II. Partie inférieure du secteur fluvial. l_{AC} , l_{A_1C} , l_{A_2C} ... l_{CB} , l_{A_3B} , l_{A_4B} - longueurs des secteurs respectifs.

Afin d'appliquer la méthode des prévisions des niveaux d'eau sur un secteur fluvial représenté sur la fig. 1, la formule suivante peut être utilisée:

$$\begin{aligned}
 Q_{B,t+T_{A_1C}+T_{CB}}^{*}) = & Q_{B,t} + K_{AC} \left(Q_{A,t-T_{A_1C}+T_{A_1C}} - Q_{A,t-T_{AC}} \right) + \\
 & + K_{A_1C} \left(Q_{A_1,t} - Q_{A_1,t-T_{A_1C}} \right) + \\
 & + K_{A_2C} \left(Q_{A_2,t} - Q_{A_2,t-T_{A_2C}} \right) + \\
 & + K_{A_3C} \left(Q_{A_3,t-T_{A_3C}+T_{A_1C}} - Q_{A_3,t-T_{A_3C}} \right) + \\
 & + \dots + \\
 & + K_{A_nC} \left(Q_{A_n,t-T_{A_nC}+T_{A_1C}} - Q_{A_n,t-T_{A_nC}} \right) + \\
 & + K_{CB} \left(Q_{C,t} - Q_{C,t-T_{CB}} \right) + K_{A_4B} \left(Q_{A_4,t-T_{A_4C}+T_{A_1B}} - \right. \\
 & \quad \left. - Q_{A_4,t-T_{A_4B}} \right) + \\
 & + \dots + \\
 & + \sum_{i=m}^{i=0} \left(Q_{i,C,t+T_m-T_i} - Q_{i,C,t-T_i} \right) + \sum_{i=n}^{i=0} \left(Q_{i,B,t+T_n-T_i} - \right. \\
 & \quad \left. - Q_{i,B,t-T_i} \right)
 \end{aligned}$$

*) $T = \tau$

où $Q_{B,t}$, $Q_{B,t+T_{AC}+T_{CB}}$ - signifient les débits d'eau au point clé B au moment t de l'établissement de la prévision et au moment $t + T_{AC} + T_{CB}$ auquel se rapporte la prévision; $Q_{A,t}$, $Q_{A,t+T_{AC}+T_{A_1C}}$, $Q_{A_1,t}$, $Q_{A_2,t}$, $Q_{A_n,t}$, $Q_{A_4,t}$ - les débits d'eau aux points A, A₁, A₂, ..., A_n, ..., A₄ sur le fleuve et ses affluents aux moments indiqués par t, T, t+T, t-T; $Q_{i,C,t}$, $Q_{i,B,t}$ - affluence supplémentaire due aux précipitations dans la partie complémentaire du bassin versant, aux points C et B situés entre les isochrones et observée aux moments $t+T_m-T_i$, $t+T_n-T_i$, t. (Les coefficients de rétention peuvent être définis à partir des précipitations précédentes et de l'écoulement correspondant.); T_{AC} , T_{A_1C} , ..., T_{CB} - signifient le temps de l'arrivée des flots des points A, A₁, A₂, ..., jusqu'au point C et du point C jusqu'au point B; K_{AC} , K_{A_1C} , ..., K_{A_nC} , ..., K_{CB} - coefficients exprimant la déformation des flots d'écoulement dans les secteurs AC, A₁C, ..., A_nC, ... Ces coefficients peuvent être établis de manière expérimentale.

Le niveau d'eau h au point clé B est défini comme fonction de Q : $h = f(Q_B)$ d'après la courbe des débits.

Le temps de l'arrivée du flot (T) du point A_1 au point B peut être défini selon la formule $T = \frac{Q_B - Q_A}{Q_t - Q_{t+1}}$ auprès d'une baisse relativement égale du niveau.

Le temps de l'arrivée du flot du bassin versant complémentaire jusqu'aux points C et B peut être établi à partir de la courbe du flot d'écoulement. Se basant sur le temps de l'arrivée du flot défini de cette façon on peut dresser la carte des isochrones.

Afin d'établir les prévisions des niveaux d'eau du Danube à Roussé, partant des observations des niveaux du Danube effectuées à Budapest et Pancevo et de ses affluents effectuées à Barcs (Drava), Brod (Sava), Zvornik (Drina), Szolnok (Tisza), Kunszentmárton (Hármas Körös), Saversin (Mures), Varvarin (Morava) et tenant compte des observations des précipitations, on peut donner la forme concrète suivante à la formule indiquée ci-haut:

$$\begin{aligned}
 Q_{P,t+11} = & Q_{P,t} + K_{B\Pi} (Q_{B,t} - Q_{B,t-4}) + K_{C\Pi} (Q_{C,t} - Q_{C,t-4}) + \\
 & + K_{K\Pi} (Q_{K,t} - Q_{K,t-4}) + K_{Ca\Pi} (Q_{Ca,t} - Q_{Ca,t-4}) + \\
 & + K_{Bp\Pi} (Q_{Bp,t} - Q_{Bp,t-4}) + K_{3\Pi} (Q_{3,t} - Q_{3,t-4}) + \\
 & + K_{B\Pi\Pi} (Q_{B\Pi,t-B+4} - Q_{B\Pi,t-5}) + \sum_{i=4}^{i=0} (Q_{i\Pi\Pi,t+T_4-T_1} - Q_{i\Pi\Pi,t-T_1}) + \\
 & + K_{\Pi p} (Q_{\Pi,t} - Q_{\Pi,t-7}) + K_{BP} (Q_{B,t+1} - Q_{B,t-10}) + \\
 & + \sum_{i=7}^{i=0} (Q_{i \Delta P,t+T_7-T_1} - Q_{i \Delta P,t-T_1})
 \end{aligned}$$

où les signes P, B, Π , C, 3, B ajoutés au débit d'eau (Q) et au coefficient (k) sont les initiales des points où s'effectuent les observations des niveaux. Les signaux t , $t + \dots$, $t - \dots$ y ajoutés signifient le temps d'écoulement de la quantité d'eau respective.

Les chiffres "1", "5", "7", "10", "11" indiquent le temps de l'arrivée du flot exprimé en jours. La carte des isochrones (Annexe) est établie pour les prévisions de l'affluence complémentaire.

Le débit d'eau prévu selon cette méthode ($Q_{p,t+11}$) sert à établir la prévision du niveau à attendre ($h_{p,t+11}$) comme fonction de

$$h_{p,t+11} = f(Q_{p,t+11})$$

La justesse de la prévision est évaluée en la comparant aux limites maxima annuelles des variations des niveaux d'eau. Elle est exprimée en pourcentage.

L'erreur dans les prévisions dépend en premier lieu de la déformation du flot d'écoulement et de l'affluence complémentaire. Elle varie dans les limites entre -3,5 et +3,5%.

Cette méthode assure une justesse relativement grande, mais elle demande des travaux considérables. Sous ce rapport il serait utile de réfléchir à sa mécanisation partielle.

A notre avis, il faut développer les prévisions des éléments hydrologiques du Danube dans les sens suivants:

- prévision de la profondeur du courant sur les seuils en période de basses eaux;
 - prévision de houle;
 - prévision des phénomènes de glaces.
-

Méthodes d'établissement de prévision hydrologique
appliquées en République Populaire Hongroise

La solution intégrale de la question des prévisions réside dans la prévision des changements des niveaux (ou débits) dans le temps, c'est-à-dire la prévision du régime des eaux. Dans ce cadre on peut parler de prévisions permanentes du régime des eaux d'après tous ses éléments et de prévisions d'après certaines valeurs caractéristiques. L'échéance des prévisions de certains événements du régime hydrologique des cours d'eau ne peut jamais dépasser la durée du trajet du flot sur la surface et dans le lit qui est une période de quelques jours (tout au plus de 1-2 semaines).

I. Prévision de la pointe de crue

Du côté pratique, les crues sont les événements les plus importants dans le régime des cours d'eau. La condition d'assurer la sécurité des ouvrages sur les rives et dans le lit majeur des localités situées en aval est la prévision précise et émise à temps sur la culmination des crues. La prévision doit, en général, embrasser deux points: la hauteur et l'arrivée du point culminant. Dans certains cas il est nécessaire de prévoir aussi la forme de la crête des vagues de la crue (la durée de la pointe).

A.) Prévision de la hauteur de la pointe

La prévision de la hauteur de la pointe peut être établie d'après les précipitations dans le bassin versant ou d'après les pointes observées aux stations des secteurs amont. Pour établir des prévisions pour grandes distances et pour longues durées on se sert de corrélations avec plusieurs variables tandis que pour les prévisions locales relatives aux stations hydrométriques voisines et aux secteurs attenants on se sert des relations entre les niveaux correspondants aux stations hydrométriques voisines, ayant deux variables.

- a) Préviation de la hauteur de la pointe d'après les pointes observées sur les secteurs amont

La base de ces prévisions est la relation entre les stations hydrométriques exprimant la relation entre les pointes observées aux stations hydrométriques consécutives.

Dans la relation entre les pointes H_1 et H_2 observées dans le secteur amont et attendues dans le secteur aval

$$H_2 = f(H_1, n_1, n_2, \dots, n_i) \quad (1)$$

on peut choisir de différentes façons les variables secondaires n_1, n_2, \dots, n_i . Du point de vue de la simplicité de la formule et de son application, les variables secondaires les plus adaptées sont les niveaux d'eau qui caractérisent l'emmagasinement de l'eau dans le lit. En tenant compte en nombre nécessaire a, b, c, \dots des niveaux d'eau $h_a^{/l/}, h_b^{/l/}, h_c^{/l/}, \dots, h_i^{/l/}, \dots$ etc. à des stations hydrométriques bien choisies, observés en même temps que les pointes aux stations hydrométriques situées en amont, on peut avoir une prévision suffisamment précise à l'aide de la corrélation 1

$$H_2 = f/H_1, h_a^{/l/}, h_b^{/l/}, h_c^{/l/}, \dots, h_i^{/l/}, \dots, h_t^{/l/} \quad (2)$$

Une telle caractéristique du niveau de l'eau permet de tenir compte de tous les facteurs principaux de la formation des vagues de la crue (conditions antécédentes du régime des eaux, intensité de l'augmentation du niveau, débits des affluents, baisse du niveau sur les secteurs amont etc.). Sur les cours d'eau à pente importante ou moyenne il suffit en général de tenir compte des niveaux d'eau aux stations hydrométriques a, b, c , situées sur le secteur entre les profils amont et aval. Pour les cours d'eau à pente faible et pour ceux situés avant les confluent d'affluents importants, il est utile de tenir compte aussi des données relatives à la section "d" située en

1. Les majuscules (H) signifient les pointes des niveaux, les minuscules (h) les augmentations et les baisses des niveaux survenues en même temps. Les débits Q et q seront indiqués de la même façon.

aval de la station inférieure ainsi que à la section "t" située en amont des affluents (i et j), même, dans certains cas, en amont de la station hydrométrique supérieure.

Il peut s'agir également d'une solution qui caractérise le niveau des eaux par le volume $\sum S$ des eaux retenues dans le système. En faisant la somme des volumes d'eau retenus pendant le moment culminant sur les secteurs l-a, a-b, b-c, etc. on reçoit une seule valeur pour caractériser l'engorgement de l'eau dans le lit:

$$\sum S = S_{l-a} + S_{a-b} + S_{b-c} + \dots \quad (3)$$

L'avantage de la solution obtenue de l'analyse de la corrélation

$$H_2 = f/H_1 \cdot \sum S/ \quad (4)$$

consiste dans la réduction du nombre des variables. Cependant le défaut en est qu'un des facteurs essentiels caractérisant la formation des pointes - le changement des niveaux sur tout le parcours du fleuve - n'est pas pris en considération.

Il est évident que la relation entre les stations hydrométriques peut être interprétée d'une autre manière aussi. Du point de vue des prévisions, la corrélation suivante p.e. peut également être utile:

$$\Delta h_2 = f/H_1, h_a^{/1/}, h_b^{/1/} \dots /, \quad (5)$$

où $\Delta h_2 = H_2 - h_2^{/1/}$ signifie la valeur de la crue attendue dans la section aval dans la période allant du moment de la pointe supérieure (moment d'émission de la prévision) jusqu'au moment de l'arrivée de la pointe.

De nouvelles possibilités s'ouvrent pour l'interprétation des relations entre les stations hydrométriques et pour leur contrôle dans les limites physiquement possibles, en passant aux données des débits. Comme telle limite p.e. dans la formule

$$Q_2 = f/Q_1, q_2^{/1/} / \quad (6)$$

on peut prendre la ligne "p-p" caractérisant le régime établi.

Avec son aide on peut indiquer directement la baisse du débit de pointe $\Delta Q = Q_1 - Q_2$. En cas d'affluents importants le débit Q_1 sera remplacé par le débit de pointe supérieur et la somme des débits des affluents auprès d'une durée égale du trajet.

Pour les prévisions locales relatives aux stations hydrométriques situées entre les stations principales de prévision et sur les secteurs intermédiaires du lit, on peut se servir avec utilité des profils longitudinaux, dressés sur la base de relations avec deux variables entre les stations hydrométriques voisines. Sur ces profils longitudinaux il est opportun d'indiquer les hauteurs caractéristiques des rives, du lit majeur et des digues de protection ainsi que les niveaux d'eau nécessaires pour donner des ordres relatifs aux préparatifs à la lutte contre l'inondation.

b) Prévision de la hauteur de la pointe d'après les précipitations dans le bassin versant

L'échéance des prévisions émises pour les stations amont du système fluvial est extrêmement limitée si elles sont établies d'après les relations entre les stations hydrométriques. Néanmoins il est possible d'augmenter quelque peu l'échéance en tenant compte des phénomènes météorologiques comme p.e. des pluies, de la fonte des neiges qui provoquent des crues.

Pour le secteur hongrois du Danube p.e. cela a permis d'augmenter l'échéance de 1,5 - 2 jours par rapport à celle reçue des relations entre les stations hydrométriques.

La somme des précipitations sur un grand espace du bassin versant peut être déterminée d'après les données de relativement peu de stations ou que pour les grands espaces ce ne sont pas les averses fortes mais les pluies durant quelques jours qui ont de l'importance. Par exemple pour le bassin versant du Danube en amont de Budapest, qui s'étend à env. 180 000 km² il a suffi d'évaluer les données de 15 stations. Sur les bassins versants moyens il convient d'attribuer un poids

différent aux précipitations dans les secteurs ayant des régimes différents d'écoulement. Pour établir le poids qu'elles représentent, comme point de départ on peut se servir de la proportion du débit moyen pour une période de plusieurs années dans les différents bassins versants.

En dressant des formules pour les prévisions d'après les précipitations nous prendrons, à la place de la pointe supérieure H_1 , l'indice C des pluies tombées qui provoquent des crues. Dans ce cas également les niveaux d'eau caractérisant l'emmagasinement de l'eau dans le lit seront des variables secondaires très importantes, en appliquant comme complément l'indice Z exprimant l'humidité des couches supérieures du sol (effet des pluies précédentes) (fig. 1.).

La valeur de Z est établie en général sur la base des données sur les précipitations des quelques semaines précédentes tandis que les données relatives aux jours perdent d'importance en reculant dans le temps. A l'aide de formules représentées sur la fig. 3 on peut établir des prévisions pour l'été (du 1 mai au 31 octobre) quand la couche de neige, c'est-à-dire la fonte des neiges n'ont pas d'influence sur les crues dans le bassin versant donné.

B.) Prévision de la durée du trajet

Outre la hauteur de la pointe des crues il est important de connaître le moment de son apparition, c'est-à-dire le temps de l'arrivée des vagues de la crue et de leur passage dans le lit. La vitesse de passage des crues dépend, même dans les grands bassins versants, en premier lieu des facteurs hydrauliques qui exercent une influence sur le mouvement du courant dans le lit. Cependant, il n'est pas question d'appliquer les formules reçues par voie théorique pour les vagues des basses eaux puisqu'il n'est pas tenu compte d'une des principales caractéristiques de l'écoulement des crues, c'est-à-dire du lit qui les retient.

S'il s'agit de longs secteurs dans de grands bassins versants, sans grands affluents, il est possible d'établir avec assez de précision le temps de l'arrivée des vagues par rapport à la hauteur de la pointe amont ou des pointes aval annoncées dans les prévisions.

Sur les fleuves à pente faible les vitesses du courant propres aux niveaux d'eau correspondants et au temps du trajet peuvent varier dans des limites considérables en fonction de la valeur instantanée de la pente de surface. Sur de tels fleuves l'influence de la retenue des affluents ou des réservoirs s'exerce sur un très long secteur. Dans ces cas il faut établir des corrélations avec plusieurs variables pour prévoir le temps de l'arrivée des vagues.

Pour établir les formules on peut en général recourir aux données des courbes des niveaux d'eau aux stations hydro-métriques participant dans les prévisions. En cas d'un régime d'écoulement inégal ou pour certaines recherches détaillées il peut être utile d'établir le profil longitudinal des variations des niveaux d'eau par des unités de temps.

2. Prévisions journalières permanentes

La nécessité peut surgir de formuler pour les besoins de la navigation et pour d'autres buts des prévisions journalières du régime des eaux. Elles sont formulées conformément à l'échéance nécessaire et aux données hydrologiques sur la base des niveaux d'eau observés sur les secteurs amont ou sur la base de données météorologiques caractérisant le régime des eaux du bassin versant.

A.) Prévisions journalières sur la base des niveaux d'eau observés sur les secteurs amont

La relation entre les niveaux observés aux stations hydrométriques voisines peut être étendue à l'augmentation et à la baisse du niveau. Le défaut de pareilles généralisations

des relations entre les stations hydrométriques consiste en ce que la longueur du secteur ayant une influence sur les niveaux (ou débits) d'eau et sur le temps du trajet peut varier dans des limites larges. Le régime des eaux peut présenter des situations où les niveaux d'eau attendus le jour suivant (en unité de temps) à la station aval ne sont pas du tout caractérisés par les données de la station amont choisie. Pour que les formules puissent être constamment appliquées dans les régimes d'eau les plus différents il faut disposer de données de plusieurs autres stations, outre les voisines, ainsi que de différentes données hydrauliques. Cela rend l'utilisation des formules difficile et limite leur précision et leur échéance. Evidemment des tâches peuvent surgir pour lesquelles la solution des prévisions permanentes sera trouvée à l'aide de relations généralisées entre les stations hydrométriques.

S'il est nécessaire de créer un service unique pour certains longs secteurs du fleuve ou pour tout un système fluvial, il peut s'avérer utile de dresser, aux fins des prévisions permanentes, le profil longitudinal des variations journalières des niveaux ou des débits.

a) Profil longitudinal des changements des niveaux par unités de temps

La fig. 2 montre le fond de cette idée. Le graphique des niveaux d'eau dans la section "A" du cours d'eau représenté en haut de la figure est présenté dans la partie inférieure. Les changements des niveaux pour des périodes de 0-1, 1-2, 2-3, 3-4 jours sont représentés au milieu de la figure conformément à la situation de la section, et les profils longitudinaux sont dressés en utilisant les valeurs analogues observées dans les sections voisines. Le front de la crue descendant le fleuve est indiquée par le "0" du graphique tandis que I_1 signifie la courbure ascendante, T - la situation de la courbure à la pointe et I_2 - la courbure descendante.

La figure montre un cas idéal où l'onde des niveaux changeants avance d'une vitesse égale dans tous ses points sans s'éteindre. Examinons la possibilité d'établir la prévision dans la section A à un moment $t = 2$ jours. Nous disposons du profil longitudinal des changements des niveaux observés pendant les jours précédents (c'est-à-dire pendant les périodes 0-1 et 1-2), nous connaissons le niveau d'eau $H_A^{/2/}$. (A signifie le lieu du calcul et le chiffre supérieur entre paranthèses indique le temps).

On peut avoir la vitesse du passage $u = \text{const}$ en conformité avec le cas idéalisé en calculant directement le mouvement du point I_1 (ou O) par le profil longitudinal du changement des niveaux, comme trajet fait pendant la période de 0-1 et 1-2. Ensuite on peut avoir la prévision d'un jour pour la section "A" en comptant dans la section F' située de la section A à une distance de $u' = u$ sur le profil longitudinal 1-2. On peut se rendre compte directement que dans le cas supposé

$$\Delta H_A^{/2-3/} = \Delta H_{F'}^{/1-2/} \quad (7)$$

c'est-à-dire que le changement du niveau attendu dans la section A pour les 24 heures suivantes peut être reçu du changement du niveau observé au cours des 24 heures écoulées dans la section F' située à une distance correspondant au temps du trajet égal à un jour.

On peut avoir les prévisions pour deux jours à partir des mêmes considérations:

$$\Delta H_A^{/2-4/} = \Delta H_A^{/2-3/} + \Delta H_A^{/3-4/} = \Delta H_{F'}^{/1-2/} + \Delta H_{F''}^{/1-2/} \quad (8)$$

ou

$$H_A^{/4/} = H_A^{/2/} + \Delta H_A^{/2-4/} \quad (9)$$

En développant ces idées selon les formules (7) et (8) nous arrivons au schéma général de la prévision pour la section A au moment 2 d'après la formule suivante:

$$H_A^{/2-1/} = H_{F_1}^{/1-2/} + \Delta H_{F_1}^{/1-2/} + \dots + \Delta H_{F_1}^{/1-2/} \quad (10)$$

ou

$$H_A^{/i/} = H_A^{/2/} + \Delta H_A^{/2-i/} \quad (11)$$

Ce calcul pour la section A au moment 2 peut, évidemment, s'appliquer à toutes sections du fleuve et peut être répété selon des unités de temps.

Selon les idées exposées on peut donner des prévisions journalières ininterrompues pour n'importe quelle section du fleuve. L'échéance des prévisions est limitée par la distance "x" entre la section étudiée et la frontière supérieure du secteur. L'échéance maximum (T_{\max}) qu'on puisse atteindre est donnée par la formule suivante:

$$T_{\max} = \frac{x}{u} \quad (\text{jour}) \quad (12)$$

La précision des prévisions dépend de la divergence entre le cas idéal et la réalité et de la mesure dans laquelle nous pouvons accorder dans les formules le schéma de principe avec la réalité et dans laquelle nous pouvons tenir compte des divergences indiquées.

b) Changements de la forme des ondes d'après les changements des débits.

La figure 3 montre le profil longitudinal des changements des débits du Danube entre les stations hydrométriques Krems et Mohács pendant les périodes de crue en Juillet 1957.

Le profil longitudinal du changement des débits pour la période suivante ne peut être établi d'après le profil longitudinal de la période précédente que si nous connaissons les corrélations déterminant les changements dans la forme des ondes et dans leur mouvement.

Les formules donnant la diminution des ordonnées maxima des ondes pendant une unité de temps peuvent être établies

d'une façon simple sur la base de nombreuses données correspondantes (fig. 4) en s'appuyant sur les corrélations hydrauliques caractérisant la récession des débits de pointe.

Toutefois, il est bien plus difficile d'établir des formules pour déterminer le mouvement à attendre des ondes.

La vitesse de passage des différents points des vagues de la crue change entre de larges limites en fonction des caractéristiques hydrauliques du secteur considéré du lit, des niveaux d'eau, de la pente de surface au moment donné, des conditions du régime des eaux du secteur amont et d'autres facteurs.

Pour simplifier la solution de cette tâche il convient d'abord d'analyser par secteurs et par niveaux le changement des vitesses du mouvement de l'eau caractérisant les points donnés de la courbe des niveaux ou des profils longitudinaux. Après cela on peut examiner la vitesse des autres points de la vague, mais toujours par rapport à la vitesse initiale équivalente. Une telle solution est présentée sur la fig. 5. La vitesse initiale choisie V_0 se rapporte au passage de la pointe.

Evidemment on peut procéder de différentes façons au choix de la vitesse initiale et à l'établissement des formules donnant les valeurs relatives. Comme base de comparaison peuvent servir p.e. les vitesses moyennes correspondantes dont le changement le long du profil longitudinal et en hauteur est facile à établir à l'aide du jaugeage des débits d'eau (fig. 6). Cette solution est très avantageuse pour les secteurs éclusés car l'influence de la retenue sur les vitesses principales est établie par des calculs hydrauliques simples.

c) Dépouillement des prévisions.

A l'aide des formules qui donnent la dispersion ou le mouvement pendant une unité de temps des points caractéristiques des ondes d'après le changement des débits d'eau on peut prévisio procéder à la transformation continue des ondes et formuler des/

journalières pour n'importe quelle section du secteur à analyser

La transformation des ondes s'effectue par la définition du déplacement attendu de certains points caractéristiques. Si, sur le secteur en question, se suivent plusieurs parties de hausse et de baisse, il suffit en général de déplacer seuls les points 0 et les ordonnées maxima (fig. 7). S'ils font défaut on peut choisir en qualité de données de base les ordonnées appartenant aux débits dont la valeur est un chiffre rond.

Pour dresser les profils longitudinaux d'après la fig. 7 et pour dépouiller les prévisions il faut connaître la relation entre les niveaux et les débits de toutes les stations hydrométriques et des sections intermédiaires sur le secteur. Si nous connaissons la courbe des débits dans quelques sections considérées du fleuve et dans les affluents principaux, nous pouvons dresser le profil longitudinal des débits ayant comme valeur un chiffre rond en analysant les lignes de la surface de l'eau et des pointes correspondantes. A l'aide de ce profil longitudinal il est possible de définir pour toute section avec une précision suffisante les variations journalières des débits et des niveaux qui leur correspondent.

Pour les secteurs aux retenues naturelles ou artificielles il est utile de dresser le profil longitudinal du module spécifique $K = Q : \sqrt{j}$, selon lequel on peut avoir directement le débit Q si l'on connaît la valeur de K appartenant au niveau d'eau, celle du débit naturel Q_0 et de la pente momentanée j .

S'il n'est pas possible de procéder à l'enregistrement continu des débits par sections on peut établir la prévision sur la base du profil longitudinal du changement journalier des niveaux d'eau. Dans les prévisions des vagues de changement des niveaux il faut tenir compte de l'influence de la forme du lit et du lit majeur. Les lignes des niveaux correspondants p.e. peuvent servir de données de base.

Evidemment on peut faire le dépouillement aussi pour des unités de temps autres que 24 heures. Pour les cours d'eau

de montagne au régime des eaux inégal il est utile de considérer des unités de temps de 12 ou 16 heures à supposer, naturellement, que les informations sur les niveaux d'eau correspondants arrivent par téléphone ou par télégramme. En ce qui concerne les fleuves au régime des eaux égal il suffit de prendre en considération des unités de temps de 2 ou 3 jours.

S'il s'agit d'un système d'eau à plusieurs cours d'eau d'importance, il faudra dresser pour chacun des cours d'eau attenants des profils longitudinaux et des formules servant à transformer les ondes. La prévision pour le secteur inférieur du système fluvial sera donnée par la somme des ordonnées des ondes de changement des niveaux d'après les différents cours d'eau.

Même s'il n'est pas possible d'analyser les formules nécessaires à l'établissement des vagues et les relations numériques, il est utile de dresser les profils longitudinaux des niveaux ou des débits. Leur établissement systématique et l'observation continue des variations des vagues développent le jugement du personnel procédant aux prévisions. D'ailleurs les formules doivent également y contribuer et non pas agir dans le sens contraire.

II. Prévision des valeurs moyennes et extrêmes

1. Prévision des débits minima (à attendre) sur la base des courbes de baisse

Dans le changement du régime des eaux on peut distinguer deux périodes spéciales:

1. En période de grandes pluies et de fonte des neiges de grands débits arrivent des surfaces du bassin dans les cours d'eau de réception et ce en un laps de temps réduit: des crues apparaissent.
2. Après l'arrivée des eaux de surface, dans le lit passent des débits de différentes origines, venant des sources et du ruissellement.

La première période est caractérisée par une augmentation intense et considérable du niveau, ensuite par une baisse relativement rapide. La seconde période est celle du dessèchement graduel du système du lit, c'est-à-dire de la diminution des niveaux. La vitesse du dessèchement du lit, c'est-à-dire la courbe de baisse dépend de la pente momentanée de la surface et de la quantité de réserve provenant des eaux souterraines ainsi que de leurs changements dans le temps. Tenant compte de ce qui précède, en théorie il est possible de donner des prévisions de la baisse des niveaux ou du dessèchement du lit pour toutes durées ou jusqu'au moment du dessèchement du cours d'eau. Évidemment les courbes de baisse reçues de cette façon se rapportent à des cas où il n'y a pas de pluies considérables dans le bassin versant et n'apparaissent pas les eaux de fonte, c'est-à-dire il y a une diminution réelle des réserves d'eau existant au moment de la formulation de la prévision.

Selon les buts pratiques et les conditions physico-géographiques du bassin on peut procéder de différentes façons à la détermination des réserves d'eau accumulées dans les lits et dans les couches souterraines c'est-à-dire à l'analyse des courbes de baisse caractérisant les divers états du régime des eaux. La solution la plus simple consiste à établir les données caractéristiques de la plus rapide des baisses prévues, c'est-à-dire à dresser l'enveloppe inférieure pour les courbes de baisse reçues auprès de différents régimes des eaux.

2.) Appréciation des prévisions du niveau d'eau

Dans l'évaluation de la précision des prévisions le but est de définir la divergence entre le niveau prévu pour la section donnée du cours d'eau ou pour le secteur du fleuve et le niveau observé, ensuite de définir la mesure dans laquelle la valeur des divergences satisfait aux exigences. Ces exigences changent d'un cours d'eau à l'autre conformément aux différences dans les régimes hydrologiques et à d'autres facteurs déterminant le régime des eaux.

Sur le secteur hongrois du Danube on peut effectuer le contrôle de la précision des prévisions aussi par des graphiques. La précision de la prévision à l'aide de formules est liée avec la valeur absolue de l'erreur et avec sa valeur relative exprimée dans le rapport avec le changement du niveau. En connaissant ces deux données il est facile de déterminer la qualité de la prévision: très bonne, bonne, moyenne.

III. Développement du service des prévisions en Hongrie

Le service hydrographique centralisé a débuté en Hongrie en 1886. Une de ses tâches principales était la prévision des crues. Le service travaillait avec grand succès au cours des premières décennies, sous la direction de József Pécs. Il occupait la première place à l'échelle mondiale, non seulement du point de vue de l'ancienneté, mais son activité sous la direction de József Pécs, Ödön Bogdánffy, Samuel Hajóset d'autres a obtenu l'estime générale du monde entier.

Le décret de 1952 créant l'Institut de Recherches scientifiques Hydrauliques a fixé comme une de ses principales tâches le développement du service des prévisions et l'élaboration de méthodes pour la formulation des prévisions des crues etc.

Les données principales des formules pour les prévisions pour le Danube sont présentées dans le tableau II.

Pour tout le secteur hongrois du Danube des formules sont établies pour les prévisions journalières continues. Avec leur aide il est possible de faire des prévisions de 1 et 2 jours pour le secteur en amont de Komárom, de 1-3 jours entre Komárom et Dunaföldvár, de 1-4 jours pour le secteur en aval de Dunaföldvár (voir les détails sous points 1/3). Il y a deux ans, des formules ont été élaborées pour les niveaux d'eau dans la section de Orşova pour l'orientation de la navigation par les Portes de Fer.

Fleuve et station: située en amont émittant la pré- vision	Bratislava		Komárom		Budapest		Dunaföldvár		Mohács	
	Echéance: en jours:	Erreur moyenne: en cm	Echéance: en jours:	Erreur moyenne: en cm	Echéance: en jours:	Erreur moyenne: en cm	Echéance: en jours:	Erreur moyenne: en cm	Echéance: en jours:	Erreur moyenne: en cm
Sur la base des précipitations	3,5	30	-	-	6,0	32	-	-	9,5	35
Engelhartszell	2,2	24	3,7	36	4,8	37	-	-	8,3	39
Krems	1,5	17	3,2	32	4,2	26	5,5	30	7,2	26
Bratislava	-	-	1,8	14	3,0	15	3,9	20	5,9	17
Komárom	-	-	-	-	1,2	7	2,1	14	4,3	16
Budapest	-	-	-	-	-	-	1,1	9	3,2	12

Méthodes d'établissement des prévisions hydrologiques
appliquées en République Populaire Roumaine

1. Forme des prévisions

Dans la République Populaire Roumaine les prévisions sur le niveau des eaux du Danube pour le secteur du fleuve de Bazias à Sulina sont publiées dans le Bulletin hydrométéorologique pour le Danube, édité par la Direction de la navigation civile. Les prévisions sont élaborées à présent pour trois périodes de temps, à savoir: 2 jours, 10 jours et 30 jours.

2. Eléments fondamentaux

Les méthodes adoptées ou celles qui sont en étude, pour apprécier les prévisions qui servent aux besoins de la navigation sur le Danube en République Populaire Roumaine diffèrent en fonction de la période considérée, élément qui attire par son extension la prise en considération d'un nombre croissant de facteurs hydrologiques et météorologiques enregistrés qualitativement (ou éventuellement des prévisions de ceux-ci) dans le cas d'une période plus grande. Pour la prévision de 2 jours, les conditions d'écoulement du débit liquide, spécifiquement à la majeure partie du secteur du Danube de Bazias à Sulina (variations relativement réduites sur le fleuve, de la forme de la section transversale et de la vitesse du courant, des affluents avec un débit pratiquement négligeable par rapport au débit du Danube, la pente hydraulique réduite et autres) ont permis l'adoption d'une méthode opérative, ayant à la base la transmission coordonnée des niveaux enregistrés aux stations hydrométriques, situées sur le fleuve.

Séparément de cette méthode, dans la Direction de la navigation civile est en cours d'expérimentation la prévision de niveaux ayant à la base la totalisation et la transmission des débits. Dans ce but, on emploie les clefs limnimétriques de toutes les stations hydrométriques de la République Populaire Roumaine, situées sur le Danube de Bazias à

Tulcea. Pour les secteurs du fleuve afférentes à chaque station hydrométrique, on détermine les corrélations entre les vitesses moyennes du courant et les débits sur la base de mesures prises ou on les déduit de la courbe de propagation des eaux, respectivement les cotes du niveau de l'eau de la station hydrométrique considérée.

La prévision de niveaux résulte en base de cette méthode par la transmission de débits établis directement ou interpolés avec secours de niveaux enregistrés aux stations hydrométriques. L'apport des affluents est pris en considération par la totalisation de débits dans les zones de confluences. Dans la mesure dont on dispose de données complètes pour les clefs limnimétriques et les courbes de variation de la vitesse du courant sur le fleuve entier et sur ses principaux affluents en amont de Bazias, cette méthode pourra être utilisée et elle pourra donner des résultats dans la prévision de niveaux sur le Danube de la République Populaire Roumaine pour une période qui sera proche de l'intervalle de 10 jours. Dans ce cas, il est évident que la transmission et l'interprétation de la prévoyance du temps pour une longue durée (10-30 jours) ainsi que les données enregistrées pour les précipitations décadaires, toutes deux dans le bassin du Haut-Danube et du Danube Moyen, reçoit une importance toujours plus grande.

En liaison avec l'élaboration de la prévision pour l'intervalle de 30 jours, il est indispensable de prendre en considération au moins deux facteurs de base:

- la période antérieure à l'intervalle qui doit être soumis à la prévision, dans une année avec les observations enregistrées, ayant le régime hydrologique le plus proche de l'année courante, spécialement pour la période comparée;

- la prévision météorologique pour la période de 30 jours qui sera analysée avec les données complètes (précipitations, températures, vents, etc.) dans les bassins du Haut-Danube et du Danube Moyen.

*

*

*

Parmi les éléments fondamentaux qui doivent être à la base des méthodes de prévisions indiquées, sont à mentionner les suivants:

- les clefs limnimétriques pour les stations hydrométriques situées tout le long du Danube et sur ses principaux affluents;
- les courbes de la masse des eaux enregistrées par les stations hydrométriques;
- les courbes de variations de la vitesse moyenne du courant, sur les secteurs, en fonction de niveaux enregistrés;
- les courbes de la propagation de la masse des eaux en 24 et en 48 heures, en fonction des niveaux enregistrés pour les sections du fleuve situées en amont des stations hydrométriques du secteur du fleuve pour lequel on fait la prévision;
- les corrélations entre les niveaux enregistrés aux stations hydrométriques, situées dans le secteur considéré.

3. Relations utilisées dans l'élaboration des prévisions

Les éléments de base indiqués plus haut sont en cours d'être élaborés et certaines relations qui ont besoin d'une vérification seront définitivées dans le proche avenir, en base de données concernant le secteur d'en amont de Baziaş. Dès que sera terminée l'élaboration et la corrélation de l'ensemble des éléments fondamentaux, nécessaires pour faire une prévision de courte durée ayant à la base la transmission des débits du secteur du Danube de la République Populaire Roumaine, on comparera les résultats obtenus par cette méthode avec les résultats de la méthode opérative utilisée à présent par la Direction de la navigation civile.

La correction et la continuelle amélioration des éléments de base se fera par une observation systématique de la réalisation en temps utile des prévisions élaborées. Une difficulté est à présent le manque de données complètes, spécialement de prévisions météorologiques et du débit pour le secteur en amont de Baziaş.

Il résulte de ce qui précède que les relations graphiques et les équations utilisées dans l'élaboration des prévisions pour la navigation par les organes de spécialité de la Direction de la navigation civile n'ont pas jusqu'à présent un caractère définitif. Par conséquent, il n'est pas opportun de faire dès maintenant une analyse de détail sur ces éléments.

Nous considérons qu'un échange d'informations en ce qui concerne les données fondamentales dans la phase expérimentale est très utile et pourra contribuer à l'amélioration du travail d'élaboration des prévisions.

En liaison avec les termes et l'exactitude de la réalisation des prévisions élaborées et publiées par les organes de spécialité de la Direction de la navigation civile pour les besoins de la navigation comme suite à l'analyse faite pour une certaine période, il en résulte ce qui suit:

- la prévision des niveaux pour deux jours (courte durée) se réalise avec un écart de ± 5 cm;

- la prévision pour 10 jours, ainsi que celle pour 30 jours ne dépasse pas un écart de ± 40 cm.

Il existe des cas, pour les prévisions de longue durée, quand l'écart mentionné est dépassé.

4. Termes et exactitude des prévisions

La réalisation des prévisions de niveaux pour une durée de 10 ou 30 jours est conditionnée, comme nous l'avons déjà indiqué, par de nombreux facteurs hydrologiques et météorologiques, spécialement pour le bassin moyen et supérieur du Danube, dont la forme de l'enregistrement de la transmission de la prévision n'est pas tout à fait correspondante à présent. On a constaté que même les résultats enregistrés dans l'élaboration de la prévision de longue durée sont utiles pour la navigation par le fait qu'on assure ainsi une information juste et généralement exacte sur la suite des phénomènes concernant la hausse et la baisse des eaux.

5. Méthodes d'appréciation des prévisions

De ce qu'on vient d'exposer il résulte que pour le moment les organes de spécialité de la Direction de la navigation civile élaborent les prévisions de niveaux pour la navigation par des méthodes opératives basées sur des éléments statistiques (observations sur une longue période) et sur des prévisions météorologiques corelées avec le coefficient de propagation des ondes (qui monte ou descend) des niveaux, sur les divers secteurs du fleuve et avec une similitude du régime hydrologique de la période dont on effectue la prévision avec les périodes antérieures analysées.

La méthode est en cours d'amélioration par l'extension et par l'approfondissement des observations et des analyses synoptiques sur plusieurs facteurs essentiels (débits, vitesses, etc.) comme nous venons d'indiquer au point 3 ci-haut.

6. Propositions et suggestions

Pour que le travail des organes de spécialité qui s'occupe avec l'étude et l'élaboration des prévisions des niveaux du Danube pour les besoins de la navigation assure les résultats améliorés, nous considérons qu'il est d'une réelle utilité d'examiner en réunion d'experts (établie par le plan de travail de la Commission du Danube pour 1964) les rapports reçus sur la méthode à établir les prévisions hydrologiques sur le Danube.

Dans la même réunion les délégations pourront faire un échange d'informations sur les données de base nécessaires à l'élaboration de la prévision hydrologique pour le Danube et pour ses principaux affluents. Dans la première phase, l'échange d'informations pourra comprendre les matériaux examinés et mis d'accord dans cette réunion. Pour cela nous considérons comme étant très utile la présentation d'une certaine documentation se référant:

- aux clefs limnimétriques pour les stations hydrologiques situées sur le Danube et sur ses principaux affluents;

- aux courbes de variations de la vitesse moyenne par secteurs pour le Danube et pour ses principaux affluents;
- les corrélations entre les niveaux enregistrés aux stations hydrométriques voisines;
- autres matériaux de base dans la prévision hydrologique (coefficient d'écoulement par bassin, hydrographes unitaires, etc.).

La multiplication et la diffusion des matériaux examinés et mis d'accord dans cette réunion sera faite comme d'habitude par l'Appareil de la Commission du Danube.

Méthodes d'établissement des prévisions hydrologiques
appliquées dans l'Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Le résumé présent expose les principales méthodes de prévisions des niveaux d'eau du Danube, appliquées en URSS.

On peut diviser ces méthodes en trois groupes. Chacun d'eux prend en considération les facteurs suivants:

- 1.) Réserves d'eau dans le réseau fluvial
- 2.) Relation entre les débits (ou niveaux) d'eau sans tenir compte de la transformation des vagues de la crue sur le secteur du fleuve
- 3.) Transformation des vagues de la crue.

Chacun des groupes ci-dessus est exposé dans ce qui suit.

1. Relevé des réserves d'eau dans le réseau fluvial

L'utilisation de cette méthode permet de juger, d'après une certaine quantité d'eau dans le réseau fluvial, du volume qui doit écouler pendant un certain temps dans la section attenante.

Les erreurs dans les prévisions formulées selon cette méthode dépendront de la proportion des affluences dans le réseau du lit au cours de la période couverte. Plus cette valeur est variable, plus grande sera l'erreur. La précision sera définie en fin de compte pour la région donnée par les dimensions et la structure du bassin (pentes; développement du réseau hydrographique et échéance des prévisions).

La méthode de prévision sur la base du relevé des réserves d'eau dans le réseau du lit fut élaborée pour le Danube en 1956 et publiée dans deux éditions:

- 1) Труды Центрального Института прогнозов, вып. 59, 1957 г

2) Vodohospodarsky časopis 1957 No. 4

Aussi, dans le résumé présent, n'exposons-nous que brièvement les fondements de la méthode et l'attention est portée sur les résultats de son application et sur les précisions apportées au cours des dernières années.

Le volume de l'eau dans le secteur est défini de la façon la plus simple par la formule

$$W = \tau Q_{cp} \quad (1)$$

où τ - durée du trajet dans le secteur, Q_{cp} - débit moyen sur ce secteur.

Pour le bassin du Danube, Budapest, Mohács et Orşova ont été choisies comme stations principales des relevés.

Pour calculer la durée du trajet une carte a été dressée pour le bassin du Danube jusqu'à Orşova représentant le mouvement du débit du lit.

Les vitesses du courant des affluents du Danube et du Danube-même jusqu'à Vienne étaient déterminées selon la formule de Ribkine

$$V_{cp} = 3,1 \bar{Q}_{cp}^{0,21} K^{0,37} Y^{0,31} \quad (2)$$

Cette formule ne peut pas être appliquée au Danube en aval de Vienne, car il y coule dans un lit endigué et perd les caractéristiques de son régime naturel. Pour cette raison la vitesse de l'arrivée des vagues dans le lit du Danube en aval de Vienne était déterminée selon la méthode des niveaux correspondants.

En résultat on a dressé la carte approximative des isochrones du mouvement du débit du lit. Cette carte est incluse dans les éditions mentionnées ci-haut.

Pour définir le volume des eaux dans le système du lit selon l'équation (1) le tableau 1 a été dressé. Les

réserves d'eau dans le réseau fluvial seront égales à la somme des valeurs présentées dans le dernier graphique du tableau 1.

Des corrélations ont été établies avec une échéance de 10 à 35 jours. Ce dernier signifie que la prévision est formulée le 25 du mois pour le mois suivant.

Le tableau 2 présente les coefficients par lesquels il faut multiplier les valeurs des débits d'eau pour recevoir celles des volumes d'eau dans le système du lit à la date de l'établissement des prévisions.

A partir de 1957 des prévisions d'essai étaient établies dont le résultat était que les corrélations servant pour les prévisions du débit du Danube à Orșova d'après les données du dernier jour du mois ont une fréquence stable, tandis que pour le 25 du mois c'est quelque peu réduit. La durée des corrélations pour la prévision du débit du Danube à Mohács s'est également réduite dans certaine mesure. L'emploi de ces corrélations a permis de les compléter de données supplémentaires pour 5 ans.

Les annuaires hydrologiques des pays danubiens commencent à arriver à l'Institut à partir de 1958. Ainsi toutes les corrélations étaient encore complétées par les données pour 10 ans, c'est-à-dire le nombre des années incluses dans le dépouillement a monté à 27 (fig. 1 a, b,). Naturellement la méthode de définir les réserves dans le lit n'a pas changé.

Le tableau 3 présente les principales caractéristiques statistiques de toutes les corrélations. Le fait que celles relatives au 25 du mois précédent sont bien moins bonnes que celles pour le dernier jour du mois a incité à rechercher des moyens pour augmenter leur précision pour le 25 du mois ou pour utiliser de quelque façon les corrélations relatives au dernier jour de chaque mois pour la formulation des prévisions du 25.

La pratique des dernières années de l'établissement des prévisions pour le bassin danubien a montré qu'il était parfaitement possible de formuler des prévisions datées du 25

du mois en ne séservant que des corrélations pour le dernier jour.

Pour ce faire il faut évaluer le changement à attendre dans les niveaux (et par conséquent, dans les débits d'eau pour les 5 derniers jours du mois). Pour les secteurs inférieurs des grands fleuves, cette évaluation se fait d'une manière assez simple. Pour le Danube à Orșova, il y a des corrélations suffisamment précises pour prévoir le débit moyen des 5, 10 et 15 jours suivants.

Pour les secteurs inférieurs d'autres rivières importantes (Sava - Mitrovici, Tisza - Szeged), cette méthode donne des résultats moins bons, néanmoins la précision des évaluations est parfaitement suffisante.

Pour les rivières de moindre importance, on ne peut évaluer qu'approximativement l'évolution des niveaux pour les 5 jours suivants, mais leur rôle dans la définition des réserves du lit n'est pas très important.

La précision des prévisions mensuelles des débits moyens à Orșova en 1960 et 1961 est caractérisée par les erreurs suivantes:

Tableau 4.

Erreurs en cm

	:III:	IV:	V:	VI:	VII:	VIII:	IX :	X :	XI:	Moyenne:	
Corrélation 1960	24	10	16	0	21	43	15	29	0	18	
Prévision	61	57	18	42	19	46	31	42	81	44	-25
Corrélation 1961	67	6	59	27	47	50	70	0	0	36	
Prévision	61	31	71	20	64	15	78	23	8	41	- 5

Comme il ressort du tableau 4, les erreurs de la prévision sont plus grandes auprès d'une évaluation approximative des valeurs des réserves dans le lit que dans le cas où la prévision est formulée le dernier jour du mois.

La condition la plus favorable pour l'émission de la prévision est celle d'un anticyclone stable au-dessus de tout le territoire du bassin et en même temps une baisse de niveau sur tous les fleuves et rivières.

Dans ce cas l'extrapolation des valeurs des niveaux (débits) aux 5 jours suivants ne présente pas de grandes difficultés.

Il y a bien plus de difficultés si dans le bassin le temps est instable, le caractère futur des précipitations n'est pas clair et, par conséquent, le volume d'eau peut présenter des différences essentielles avec celui qu'on pourrait établir d'après les données du dernier jour du mois.

Dans la suite il est évidemment utile de rendre plus objectif cette extrapolation.

Les moyens en peuvent être différents.

Le premier est l'utilisation des données sur les précipitations tombées et sur leurs tendances pour la période suivante. Toutefois, c'est le moyen le plus compliqué et, probablement, le moins sûr.

Le deuxième est l'utilisation des données relatives aux petites rivières. Il est bien plus objectif, mais l'échéance en souffre quelque peu.

Le troisième est l'élaboration d'une méthode plus objective de la prévision du débit pour 5 jours d'après les tendances pour les secteurs des rivières à grand débit.

Probablement, en élaborant une telle méthode il faudra utiliser, dans des mesures différentes, tous les trois moyens de résoudre le problème. Pour les grandes rivières - surtout les 2 et 3 et pour les petites - le premier.

Dans la pratique du service des prévisions hydrologiques les corrélations entre les plus hauts et les plus bas niveaux d'un part et les réserves d'eau dans le réseau du lit d'autre part ont été également utilisées. Cependant elles sont basées sur les mêmes principes, aussi n'y a-t-il pas de sens de s'y arrêter.

2. Etablissement de relations entre les débits (ou niveaux d'eau) sur le secteur sans tenir compte de la transformation des vagues de la crue

La zone la plus limitative sur le Danube est celle des Portes de Fer. Les prévisions des plus bas niveaux doivent satisfaire à des exigences particulièrement grandes vu les profondeurs réduites lors des bas niveaux.

Quant aux principes, l'élaboration de telles méthodes n'offre pas de difficultés. La méthode des moindres carrés permet de déduire avec une objectivité suffisante les équations pour calculer l'élément qui nous intéresse. Toutefois, la quantité de calculs nécessaires est extrêmement grande vu le grand nombre de rivières dont il faut relever le débit.

En outre, l'augmentation du volume des calculs est liée également avec le dépouillement des observations pour leur donner une forme commune.

Tout cela a exigé ou bien de reconstituer les données des débits pour une longue période de temps (avec 10 inconnus au moins pour 400-500 cas) ou bien de renoncer à l'utilisation des données sur les débits et de se limiter à l'emploi des données sur les niveaux d'eau seulement.

Dans les deux cas il aurait été nécessaire d'analyser la variabilité du lit pendant toute la période considérée, car dans le cas contraire des données hétérogènes seraient introduites dans le calcul. En élaborant la méthode, une autre voie fut choisie. Comme données de base on a pris les données de stations situées à environ 5 jours de passage des vagues jusqu'à Orșova. De telles stations sont:

Danube	-	Mohács
Sava	-	Mitrovica
Tisza	-	Szeged

A toutes ces stations il y a des données sûres sur le débit pour une période suffisamment longue.

Il va sans dire que dans ce cas la précision de la prévision des plus bas niveaux par décade sera réduite.

Afin d'augmenter la précision, les cas furent divisés en 4 groupes.

1^{er} groupe. Une augmentation du niveau est observée à toutes les trois stations et, au cours des 5 jours suivants, la baisse n'est pas attendue; ou, au cours des 5 jours suivants une augmentation de niveau stable est attendue à toutes les stations, indépendamment de la situation à ces stations au moment de la formulation de la prévision.

2^e groupe. Ces mêmes conditions sont observées à deux stations, tandis qu'à la troisième il y a une baisse et aucune augmentation n'est attendue pour les 5 jours suivants, ou à cette dernière station une baisse stable survient au cours des 5 jours suivants indépendamment de la situation à cette station au moment de l'établissement de la prévision.

3^e groupe. La même chose que dans le 2^e groupe, mais à une station il y a augmentation, aux deux autres il y a baisse, avec les mêmes réserves.

4^e groupe. Il y a une baisse à toutes les trois stations, avec les mêmes réserves.

Dans les tableaux et graphiques suivants les numéros des groupes sont suivis, pour plus de simplicité, des symboles suivants:

1^r groupe +++; 2^e groupe ++-; 3^e groupe +---; 4^e groupe ---

La période pour laquelle le calcul est fait s'étend du 31 mai au 31 octobre des années 1923-1960, en tout sur 1098 cas.

Les calculs ont été effectués pour des décades glissantes par 5 jours.

Ces cas sont répartis de la façon suivante d'après les groupes indiqués ci-haut:

Tableau 5

Groupe	:	Nombre des cas
I. + + +		93
II. + + -		216
III. + - -		332
IV. - - -		457

L'équation est adoptée dans une forme commune pour les quatre groupes:

$$X_0 Q_{Moh} + X_1 Q_{Mit} + X_2 Q_{Szeg} + X_3 Q_{Ors} = Q_{min}^{Ors}$$

Dans cette équation

Q_{Moh} - débits d'eau du Danube à Mohács
 Q_{Mit} - " " de la Sava à Mitrovica
 Q_{Szeg} - " " de la Tisza à Szeged
 Q_{Ors} - " " du Danube à Orșova

Ces données sont prises au moment de l'établissement des prévisions, c'est-à-dire les 5, 10, 15, 20 et le dernier jour de chaque mois.

Q_{min}^{Ors} - débit minimum du Danube à Orșova pour la décade suivante;

$X_0; X_1; X_2; X_3; X_4$; - coefficients qui doivent être définis.

Pour chacun des groupes ces coefficients ont été définis à part. De cette façon ont été établis et ensuite résolus 4 systèmes d'équations linéaires. En résultat ont été reçus les coefficients de l'équation auprès des valeurs de débits d'eau (tabl. 6)

Tableau 6

Coeff/groupe	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
I.	0,299	0,405	0,305	0,671	0,124
II.	0,373	0,447	0,200	0,622	0,086
III.	0,487	0,522	0,656	0,395	0,339
IV.	0,567	0,629	0,517	0,275	0,341

Pour apprécier les corrélations reçues on a calculé toutes les caractéristiques statistiques incluses dans la dernière instruction relative à l'appréciation des prévisions hydrologiques.

Pour calculer le coefficient de la corrélation, un schéma approximatif a été utilisé qui peut servir en cas d'un nombre suffisamment grand de membres de la série. Ce schéma est le suivant: Sur le graphique de la relation des valeurs entre lesquelles le coefficient de corrélation doit être calculé on marque les valeurs moyennes de l'argument et de la fonction, on compte le nombre des points dans chaque carré et l'on calcule le rapport de la somme des points dans les carrés 1 et 3 à la somme des points dans les carrés 2 et 4. Par là il est possible de juger du degré de la relation et, par conséquent, de la valeur du coefficient de la corrélation (tableau 7).

Tableau 7

Z	:1,5	: 2,0	: 2,5	: 3,0	: 3,5	: 4,0	: 5	: 6	: 8	: 10	:
r	0,31	0,50	0,62	0,71	0,77	0,81	0,87	0,90	0,94	0,96	

Dans ce tableau r est le coefficient de la corrélation et Z - la corrélation indiquée ci-haut:

$$Z = \frac{n_1 + n_3}{n_2 + n_4}$$

Dans le tableau 8 sont indiquées les valeurs de r et Z pour les corrélations reçues.

Tableau 8

Groupe	$n_1 + n_3$	$n_2 + n_4$	Z	r
I.	85	8	10,6	0,96
II.	192	24	8,0	0,95
III.	325	7	46,4	0,96
IV.	423	34	12,4	0,96

Lors du calcul des erreurs de différentes probabilités, la question se pose de savoir à quel degré les valeurs des erreurs dépendent de la valeur prévue, car si une telle corrélation existe, il faut l'exclure. Cependant l'analyse a montré qu'il n'y a même pas de relation approximative entre ces valeurs.

Le tableau 9 présente toutes les valeurs nécessaires pour évaluer ces corrélations et la fig. 2 représente les courbes de la fréquence des déviations de la norme et des erreurs de la prévision.

Tableau 9

Groupe/ caractéristique:	I	II	III	IV
$\frac{S}{S}$	95,1	106,5	105,5	98
S	10,1	14,3	20,3	23,4
$\frac{S}{S}$	0,107	0,134	0,192	0,238
P (0,6745)	100	100	99,4	99,4

Il est enfin utile de donner encore une appréciation de l'efficacité des relations reçues, c'est-à-dire d'examiner combien les erreurs dans la prévision augmentent si l'on ne se sert que des données des niveaux d'eau à Orșova le jour de la formulation de la prévision. La fig. 3 montre une telle corrélation. Si l'erreur maximum dans les équations reçues est de 50 cm et, auprès de valeurs moyennes, de 10-20 cm, dans la corrélation représentée à la fig. 3 cette erreur moyenne est d'env. 50 cm et l'erreur maximum d'env. 1,5 m.

Il n'est pas difficile de dresser un nomogramme pour utiliser en pratique les équations reçues.

3. Calcul de la transformation des vagues de la crue

Les différences dans les conditions physico-géographiques du bassin danubien créent des conditions variées pour la formation des vagues de la crue. Les longs secteurs endigués et sans affluent, la présence d'affluents importants, comparables quant aux débits au Danube même et enfin les secteurs sans affluent et ayant un lit majeur très développé créent des conditions extrêmement variées pour la transformation des vagues de la crue dans le lit du fleuve. Conformément à ces particularités, on peut distinguer trois cas caractéristiques de cette transformation.

1. Secteur sans affluent et sans lit majeur
(Vienne-Mohács)
2. Secteur avec affluents (embouchures de la Sava et de la Tisza)
3. Secteur avec lit majeur et sans affluent
(le Danube en aval d'Orșova)

Pour calculer les niveaux d'eau sur le secteur Vienne-Mohács il existe la méthode bien élaborée de M. Szesztai: "Einige Methoden des Vorhersagen für die Schifffahrt". Aussi n'est-il pas nécessaire de s'arrêter sur le premier cas.

Au confluent du Danube et de la Tisza on peut observer un phénomène très clair de la transformation des crues qui passent sur ces deux cours d'eau en temps différents. Sur le Danube les plus grandes crues sont observées en mai - juillet, sur la Tisza surtout en avril. La méthode des calculs a déjà été publiée en détails dans Трудах Центрального института прогнозов, вып.59, 1957 г. . Au cours des dernières années ces corrélations ont été mises au point en tenant compte de la transformation des vagues de la crue sur les secteurs Bogojevo - Slankamen et Szeged - Slankamen. Dans plusieurs cas l'erreur de la prévision fut ainsi réduite de 20-30 cm auprès d'une échéance de 3-4 jours.

Jusqu'à ces derniers temps, pour le Bas-Danube on a utilisé pour les prévisions la méthode des niveaux correspondants avec quelques modifications qui prennent en considération l'emmagasinement de l'eau dans le lit majeur et, par conséquent, la transformation des vagues de la crue par le lit majeur. Cela s'est effectué par l'introduction dans la corrélation d'une troisième variable du niveau à la station aval, le jour de l'émission des prévisions. (La fig. 4 représente la forme de cette corrélation).

L'échéance atteint 8-10 jours, mais les erreurs de la prévision peuvent être considérables. Au cours des dernières années on a procédé à des calculs de la transformation des vagues de la crue pour tenir compte avec plus de précision de ce phénomène lors de la formulation des prévisions.

G.P. Kalinin et P.I. Milioukov (Труды ЦИП, вып.66, 1958) proposent une méthode simple mais théoriquement bien fondée pour calculer le mouvement non établi de l'eau dans les lits naturels. Cette méthode leur a permis, en particulier, de donner une base théorique aux courbes du trajet des vagues et de proposer une manière objective pour calculer les paramètres de cette courbe.

Cela permet une attitude plus sévère envers la solution du problème de la transformation des vagues de la crue. En ce qui concerne les calculs pratiques, les caractéristiques de la

courbe (nombre des secteurs caractéristiques et temps du trajet) permettent de se servir de modèles assez simples à manier et qui donnent des résultats suffisamment sûrs du point de vue pratique. Leur description se trouve dans la revue "Метеорология и гидрология", No. 8, 1960.

La comparaison suivante permet de juger à quel point l'utilisation des modèles réduit le volume des travaux. Le calcul de l'hydrogramme pour un an avec 10 valeurs des ordonnées de la courbe de la durée du trajet demande, en employant la machine à calculer, 2-3 jours. Le même travail se fait sur le modèle en 1 heure (y compris le temps de porter les données sur la bande).

Les longueurs des secteurs caractéristiques ont été fixées individuellement pour les petits, moyens et grands débits d'eau. Toutefois, comme la différence pour les différentes valeurs de débits n'est pas importante, leurs valeurs moyennes ont été adoptées pour les calculs.

Tableau 10

	Orșova-T. Severin	T. Severin-Lom	Lom-Svistov	Svistov-Oltenița	Oltenița-Braila
lx	8	50	70	80	60
	24	140	237	124	260
	3	3	4	1	5

Les valeurs des longueurs des secteurs caractéristiques changent assez régulièrement le long du fleuve. Le secteur Orșova-Turnu-Severin forme une exception, les pentes étant 10 fois plus grandes que sur les autres secteurs.

La longueur de ce secteur est insignifiante, le temps du trajet du flot de loin n'atteint pas 24 heures et pratiquement aucune transformation n'y survient. Pour cette raison les débits d'eau à Orșova servent de données de base et les calculs sont faits à partir de la station Turnu-Severin.

Pour définir les valeurs moyennes du temps du trajet du flot les recherches de M. Töri ont été utilisées d'après lesquelles en aval d'Orşova la vitesse moyenne auprès des bas niveaux est d'env. 80-100 cm/sec.

Admettant que $V_{\text{traj.}} = 1,3 V_{\text{moyenne}}$

nous aurons $V_{\text{traj.}} = 1,3 \cdot 1,0 = 1,1 \text{ m/sec.}$

Ou, si la valeur moyenne $\hat{L}_x = 30 \text{ km}$, nous aurons:

$$\tau = \frac{60 \cdot 10^3}{1,3} = 45 \cdot 10^3 \text{ sec.}$$

Le modèle est escompté sur 6 secteurs caractéristiques. Par conséquent pour calculer avec lui, il faut quelque peu modifier la courbe du trajet de manière à avoir pour les 6 secteurs les résultats analogues avec ceux que l'on aurait dans les calculs pour 13 secteurs.

A cette fin il est utile d'utiliser la courbe dite standard, la notion de laquelle est introduite par l'oeuvre citée ci-haut. L'on entend par là une courbe dans laquelle comme unité de temps sert le temps du trajet jusqu'à un secteur caractéristique, c'est-à-dire $\Delta t = \tau$ et le nombre des unités de temps dépendent uniquement du nombre des secteurs caractéristiques.

Cette courbe du trajet est exprimée par la formule de Poisson

$$S_m = \frac{n-1}{(n-1)!} e^{-m}$$

Pour réduire cette formule à sa forme originale il ne faut en changer que l'échelle de la base, autant de fois que Δt est plus grand (ou plus petit) que τ , multiplier chaque ordonnée de la courbe par la relation $\frac{\Delta t}{\tau}$. Cette dernière opération ne change pas la forme de la courbe, elle est accomplie seulement pour que la somme des ordonnées soit toujours égale à l'unité. Par conséquent, pour résoudre notre problème, il

faut choisir un tel temps du trajet (Δt est toujours égal en notre cas à 24 heures). Pour que la base de la courbe de l'arrivée du flot K_6 auprès de $n = 6$, τ_6 soit égale à la base de la courbe K_{13} auprès de $n = 13$ et $\tau_{13} = 45000$ sec.

Il est évident que pour y arriver il faut observer la condition suivante:

$$\frac{\tau_6}{\tau_{13}} = \frac{K_{13}}{K_6}$$

ou
$$\tau_6 = \frac{K_{13}}{K_6} \tau_{13} = \frac{25}{18} 45 = 60000 \text{ sec}$$

Au début les calculs étaient faits avec un seul temps du trajet vu que l'absence totale de toute indication relative à l'ordre de grandeur de " τ " et " n " auprès de différentes conditions du courant n'a pas permis de les différencier. Cependant il faut se rendre compte que dans différentes conditions (lit, lit majeur) la transformation se fera de différentes façons.

Le parcours du fleuve a été divisé en deux parties: Orșova-Oltenița, Oltenița-Braila. La particularité essentielle consistait dans l'absence, pendant les calculs, de données relatives aux débits d'eau dans les sections Oltenița et Braila. Pour cette raison, après chaque calcul les débits calculés et les niveaux d'eau existant à Oltenița (ou Braila) furent comparés. Autrement dit un genre de courbe des débits fut dressée.

En résultat, sur le graphique apparurent les boucles caractéristiques dont la dimension et la direction changèrent conformément aux différents débits du fleuve et aux différentes années (fig. 5).

Ce fait est probablement provoqué par un changement brusque de la structure du courant, c'est-à-dire par son débor-

dement. Ces "sauts" sont observés d'année en année auprès des mêmes débits d'eau du Danube à Orșova. Lors des calculs de la transformation des crues sur le secteur Orșova-Oltenița ces valeurs sont égales respectivement à $6500 \text{ m}^3/\text{sec}$ et $9000 \text{ m}^3/\text{sec}$. par suite, probablement, du débordement de l'eau dans le lit majeur.

La stabilité des valeurs des débits auprès desquels la valeur des boucles changent, confirme cette supposition.

Pour les calculs il fallait changer le temps du trajet en rapport avec la valeur du débit et ce de deux façons:

Premier moyen: Au moment d'atteindre les valeurs de débits indiquées ci-haut, changer le temps du trajet en le prenant comme moyenne pour tout le courant.

Second moyen: Par des lignes horizontales couper l'hydrogramme à transformer en trois parties, conformément aux débits d'eau correspondants ($6500 \text{ m}^3/\text{sec}$ et $9000 \text{ m}^3/\text{sec}$) et transformer à part chacune de ces trois parties, ensuite additionner les ordonnées de chacun des trois hydrogrammes reçus par la transformation des trois parties de l'hydrogramme du profil supérieur.

Du point de vue physique le second moyen est plus justifié vu qu'après le débordement dans le lit majeur la vitesse du courant diminue brusquement par suite des vitesses réduites qui y règnent. Evidemment il ne faut pas oublier qu'en même temps la vitesse dans le lit principal diminue également dans une certaine mesure.

Les calculs ont été faits pour la période 1924-1959. Les crues pour toute l'année ont été calculées, d'une façon préliminaire, avec un seul temps du trajet $T = 60000 \text{ sec}$, valeur donnée par les calculs préliminaires. Ensuite, en fonction des dimensions et de la forme des "boucles", le temps du trajet était changé dans la corrélation $H_{\phi} = f(Q_{\text{calc}})$ (fig. 5) et les calculs répétés. Cette opération a continué jusqu'à ce que les dimensions des boucles ne fussent minima.

En résultat, les données de chaque année ont été calculées 3-4 fois en moyenne et dans les cas les plus compliqués jusqu'à 10 fois. Il s'est avéré opportun de changer le temps du trajet en fonction des débits d'eau. Tous les cas examinés furent divisés en 4 groupes (pour le secteur Orșova-Oltenița)

I groupe - les débits sont inférieurs ou égaux à $6500 \text{ m}^3/\text{sec}$

II groupe - les débits d'eau se situent entre 6500 et $10000 \text{ m}^3/\text{sec}$ auprès des débits de crue maxima $Q_{\text{max}} < 10000 \text{ m}^3/\text{sec}$

III groupe - $Q_{\text{max}} \geq 10000 \text{ m}^3/\text{sec}$. Les débits d'eau se situent entre 6500 et $10000 \text{ m}^3/\text{sec}$

IV groupe - les débits d'eau dépassent $10000 \text{ m}^3/\text{sec}$

La fig. 6 représente la répartition de tous les cas en groupes. Le caractère du changement du temps du trajet dans ces groupes est le suivant:

I. groupe : Dans tous les 27 cas les temps sont proches l'un de l'autre et ils peuvent être admis comme égaux à 60000 sec.

II. groupe : Dans 6 cas au cours de 9 ans le temps du trajet était égal à 160.000 sec., dans le cas à 150.000 et dans 2 cas à 140 000 sec. Vraisemblablement une variation si réduite dans une si brève série rend inutile de chercher à établir quelque loi de variation de ces valeurs d'autant plus que du point de vue pratique cela n'a pas de sens.

III. groupe : La répartition des valeurs du temps du trajet diffère de la précédente. Ces valeurs varient dans les limites de 120.000 à 170.000 sec.

120 000 sec	3 cas
130 000 sec	2 cas
140 000 sec	5 cas
150 000 sec	2 cas
160 000 sec	4 cas
170 000 sec	1 cas

total: 17 cas

Ici, on peut considérer que la cause de la variabilité de la durée du trajet réside dans l'emmagasinement de l'eau dans le lit majeur. Si avant la crue relevée il y avait beaucoup d'eau dans le lit majeur, la crue baissera moins tandis que la sécheresse du lit majeur contribue, par sa rugosité, à une transformation plus accusée de la crue.

Pour caractériser quantitativement l'emmagasinement de l'eau dans le lit majeur on a adopté le niveau d'eau moyen aux stations Calafat, Turnu Magurele et Giurgiu à la date où l'augmentation a commencé à Orșova (fig. 7).

Cette corrélation ne peut pas être considérée comme assez étroite, mais elle peut servir probablement à l'évaluation préliminaire du temps du trajet.

IV. groupe : Dans ce cas il n'est pas opportun de prendre comme caractéristique de la variabilité du temps du trajet l'emmagasinement de l'eau dans le lit majeur. Si le changement de la valeur des "boucles" auprès de débits dépassant $10000 \text{ m}^3/\text{sec}$ est lié avec le débordement de l'eau dans le lit majeur, il est nécessaire, afin que le lit majeur soit bien rempli d'eau au moment du passage de la crue à transformer, que le débit maximum de la crue précédente dépasse considérablement $10000 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Il peut y avoir deux cas: 1) le temps écoulé entre ces deux crues est suffisamment grand pour pouvoir les considérer séparément, 2) ces crues passent immédiatement l'une après l'autre.

Dans le premier cas le temps suffit pour l'écoulement des eaux du lit majeur et la crue précédente ne caractérisera pas la saturation de celui-ci. Dans le second cas les deux crues se confondent et il n'est pas possible de les examiner séparément. Il est à noter que deux crues en un an au débit dépassant $10\ 000 \text{ m}^3/\text{sec}$ est un phénomène assez rare et ce cas ne peut pas servir comme base à des conclusions statistiques.

Pour ces raisons, l'unique caractéristique essentielle pouvant conditionner la variabilité du temps du trajet est l'intensité de l'augmentation des niveaux d'eau.

Il est clair que la crue à augmentation intense des niveaux se transformera davantage que la crue moins intense. En outre, auprès de débits dépassant considérablement $10\ 000\ \text{m}^3/\text{sec}$ il n'est probablement pas possible d'examiner le temps du trajet du flot dans le lit majeur séparément de celui de la catégorie précédente des débits. Pour cette raison ce n'est pas la valeur même du temps du trajet qui fut admis mais la différence entre ces valeurs pour les catégories des débits $6\,500 - 10\,000\ \text{m}^3/\text{sec}$ et $> 10\ 000\ \text{m}^3/\text{sec}$ (ΔT).

L'intensité de l'augmentation des niveaux était calculée après le passage des débits par la valeur de $10\,000\ \text{m}^3/\text{sec}$ qui définit le degré de la transformation de la crue.

Au moment de la formulation de la prévision cette valeur est inconnue, aussi était-elle remplacée par le temps du changement du débit de $6\,500$ à $10\,000\ \text{m}^3/\text{sec}$, supposant que l'intensité change peu pendant la période des crues.

La fig. 8 représente la corrélation $\Delta T = f(t)$

Le nombre réduit des cas et la dispersion des points nous obligent à considérer que cette corrélation ne peut servir qu'à titre d'orientation et doit être précisée à l'avenir.

Les imprécisions des corrélations citées font surgir la question de l'importance des erreurs reçues par suite de la définition imprécise de la durée du trajet. Les résultats intermédiaires des calculs de la transformation des crues ont été utilisés à cette fin. Pour chaque résultat intermédiaire la distance entre les branches de la "boucle" a été définie et comparée à la différence existant entre le temps du trajet se rapportant à cette valeur de la boucle et la valeur définitive du temps du trajet quand la courbe des débits donne un monôme. La conclusion a été faite qu'auprès d'une erreur du temps du trajet égal à $10\ 000\ \text{sec}$ l'erreur relative au niveau d'eau ne dépasse pas $10\ \text{cm}$, auprès de $20\ 000\ \text{sec}$ - $20-30\ \text{cm}$ et seulement auprès

d'une erreur " τ " dépassant 20 000 sec l'erreur relative aux niveaux d'eau commence à accuser une augmentation intense.

Les calculs pour le secteur Oltenița - Braila ont été effectués de la même façon que pour le secteur Orșova - Oltenița que nous venons de décrire, et ils ne nécessitent pas d'explications.

Cependant les essais d'établir quelque corrélation entre la caractéristique du débit dans le secteur de la transformation et le temps de l'arrivée du flot n'ont mené à rien. Cela peut s'expliquer seulement par le fait que l'intensité de l'augmentation de la crue n'y est pas grande, le lit est constamment rempli d'eau et la rugosité provient non pas des bas-côtés remplis mais de la végétation qui s'y trouve.

Une seule corrélation a pu être établie

$$T = f(Q_{\max})$$

où

Q_{\max} est le plus grand débit d'eau de la crue transformée, à Oltenița. Cette corrélation est un peu plus stricte ici que pour les secteurs précédents (fig. 9).

Afin d'apporter des précisions à la présente méthode il faut, en premier lieu, procéder à des observations sur place de l'état du lit majeur.

Tableau 1

VALEURS DES VOLUMES D'EAU DANS LE LIT DANS
DIFFERENTS SECTEURS DU FLEUVE

No du secteur	Profil en travers amont	Profil en travers aval		Expression du volume
1	-	Ulm	3	$1,5 Q_1$
2	Ulm	Pfelling	4	$2,0 Q_1 + 2,0 Q_2$
3	-	Lindau	3	$1,5 Q_3$
4	-	Insbruck	2	Q_4
5	Insbruck	Neuotting	1	$0,5 Q_4 + 0,5 Q_5$
6	-	Burghausen	1	$0,5 Q_6$
7	Pfelling, Lindau, Neuotting, Burghausen	Linz	2	$Q_2 + Q_3 + Q_5 + Q_6 + Q_7$
8	Linz	Vienne	2	$Q_7 + Q_8$
9	Vienne	Komarno	2	$Q_8 + Q_9$
10	Komarno	Budapest	1	$0,5 Q_9 + 0,5 Q_{10}$
11	Budapest	Mohács	3	$1,5 Q_{10} + 1,5 Q_{11}$
12	-	Satu Mare	6	$3,0 Q_{12}$
13	Satu Mare	Szolnok	4	$2,0 Q_{12} + 2,0 Q_{13}$
14	-	Makó	10	$5,0 Q_{14}$
15	Szolnok, Makó	Szeged	5	$2,5 Q_{14} + 2,5 Q_{15} + 2,5 Q_{13}$
16	-	Zagreb	3	$1,5 Q_{16}$
17	Zagreb	Bos. Gradiska	4	$2,0 Q_{16} + 2,0 Q_{17}$
18	-	Visegrad	3	$1,5 Q_{18}$
19	Bos. Gradiska, Visegrad	Sr. Mitrovici	6	$3,0 Q_{17} + 3,0 Q_{18} + 3,0 Q_{19}$
20	Mohács, Szeged, Sr. Mitrovica	Orşova	7	$3,5 Q_{11} + 3,5 Q_{15} + 3,5 Q_{19} + 3,5 Q_{20}$

Характеристика точности зависимостей
 Caractéristiques de la précision des corrélations

Mois	Echéance	σ	S	$\frac{S}{\sigma}$
III	30	1,68	1,23	0,73
	35	1,52	1,32	0,87
IV	30	2,14	0,66	0,28
	35	2,06	0,78	0,38
V	30	1,58	0,98	0,62
	35	1,68	1,44	0,86
VI	30	1,23	0,60	0,49
	35	1,24	0,88	0,71
VII	30	1,18	0,74	0,63
	35	1,34	0,95	0,71
VIII	30	1,67	0,88	0,53
	35	1,63	0,85	0,52
IX	30	1,14	0,53	0,46
	35	1,07	0,60	0,56
X	30	1,26	0,57	0,45
	35	1,0	0,76	0,76
XI	30	1,64	0,75	0,46
	35	1,78	0,88	0,50
XII	30	1,82	0,99	0,55
	35			

Где: S - средняя квадратичная ошибка зависимости;

σ - стандартная ошибка ряда.

Où: S - erreur quadratique moyenne

σ - appréciation standard de la série

Méthodes d'établissement des prévisions hydrologiques
appliquées en République Socialiste Tchécoslovaque

A. Prévisions basées sur les régularités
du mouvement de l'eau dans le réseau du lit

La prévision hydrologique est fondée sur les relations entre les niveaux d'eau des stations amont et aval. Il faut tenir compte uniquement de l'eau se trouvant déjà dans le lit. L'échéance de la prévision dépend de la durée du trajet dans le réseau du lit.

Sur le secteur tchécoslovaque, dans des conditions normales, des prévisions sont émises aux stations suivantes:

Bratislava	- échéance de 24 heures
Komárno	- échéance de 24 et de 48 heures
Sturovo	- échéance de 24 et de 48 heures

Pour les prévisions du niveau d'eau à Bratislava, on a appliqué d'abord la formule

$$H'_{br,7} = H_{br,7} + 0,90 \Delta H_{schw}$$

où

- $H'_{br,7}$ - prévision pour le lendemain matin
- $H_{br,7}$ - niveau d'eau en cm pour le jour donné
- ΔH_{schw} - changement du niveau d'eau à Schwarzhof, résultant de la différence entre le niveau d'eau du jour donné et celui de la veille.

Cette formule n'a pas donné de résultats acceptables. Pour cette raison on applique pour les prévisions la même méthode, mais avec les corrections faites sur la base des changements des niveaux d'eau aux stations hydrométriques Vienne, Krems et sur la base de la prévision émise par l'Autriche pour la station hydrométrique Vienne. Partant du changement du niveau d'eau à Vienne on peut publier des prévisions pour 8-10 heures, de celui à Krems pour 16-18 heures. Les prévisions pour la station hydrométrique Vienne permettent d'évaluer approximativement la prévision avec une échéance de 30 heures.

Pour la station Komarno, une prévision pour 24 heures est émise en appliquant l'équation suivante:

$$H'_{\text{kom},7} = H_{\text{kom},7} + 0,70 \Delta h_{\text{br}}$$

où $H'_{\text{kom},7}$ - niveau prévu pour le lendemain à 7 heures
 $H_{\text{kom},7}$ - niveau d'eau du jour donné à 7 heures à Komarno
 Δh_{br} - changement du niveau d'eau à Bratislava au cours des 24 heures écoulées

De la même façon on peut établir des prévisions pour 48 heures, tenant compte de la prévision pour Bratislava.

Pour la station hydrométrique Sturovo des prévisions sont formulées pour 24 heures, selon l'équation suivante:

$$H'_{\text{st},7} = H_{\text{st},7} + \Delta h'_{\text{kom}}$$

où $H'_{\text{st},7}$ - niveau prévu pour le lendemain à 7 heures
 $H_{\text{st},7}$ - niveau d'eau le jour donné à 7 heures
 $\Delta h'_{\text{kom}}$ - changement du niveau d'eau prévu à Komarno.

On peut formuler de la même façon des prévisions pour 48 heures selon les changements prévus à Komarno.

La prévision des niveaux maxima en période de crue est établie selon la formule suivante:

Relation Bratislava - Vienne:

$$H'_{\text{br,max}} = 0,90 H_{\text{v,max}} + 115$$

où $H'_{\text{br,max}}$ - niveau maximum à Bratislava
 $H_{\text{v,max}}$ - niveau maximum à la station hydrométrique Vienne

L'erreur quadratique moyenne de l'équation de la régression est: $C = \pm 27,5$ cm

Relation Komarno - Bratislava:

$$H'_{\text{kom,max}} = 0,80 H_{\text{br,max}} - 10$$

où $H'_{\text{kom,max}}$ - niveau maximum prévu à Komarno

$$\text{Erreur moyenne } C = \pm 23 \text{ cm}$$

Relation Sturovo - Bratislava:

$$H'_{\text{st,max}} = 0,74 H_{\text{br,max}} - 15$$

où $H'_{\text{st,max}}$ - niveau maximum prévu à Sturovo

$$\text{Erreur quadratique moyenne } C = \pm 28,7 \text{ cm}$$

Relation Sturovo - Komarno:

$$H'_{\text{st,max}} = 0,93 H_{\text{kom,max}} - 7$$

$$\text{Erreur moyenne } C = \pm 16,6$$

Relation Bratislava, Komarno - Sturovo:

$$H'_{\text{st,max}} = 1,03 H_{\text{kom,max}} - 0,07 H_{\text{br,max}} - 12$$

$$\text{Erreur quadratique moyenne } C = \pm 3,8 \text{ cm}$$

La durée du trajet du flot entre les stations hydrométriques Schwarzholz - Bratislava, Vienne - Bratislava, Bratislava - Komarno, Bratislava - Sturovo est représentée en graphiques (figures annexées 1, 2, 3, 4). Elle est exprimée par rapport à la hauteur du niveau à la station amont. Comme la figure le montre, cette durée augmente avec l'augmentation du niveau de l'eau et peut atteindre des valeurs dépassant de plusieurs fois les valeurs normales.

Outre les méthodes de prévision indiquées ci-haut, on applique encore quelques méthodes secondaires élaborées elles aussi sur la base de la méthode des niveaux correspondants.

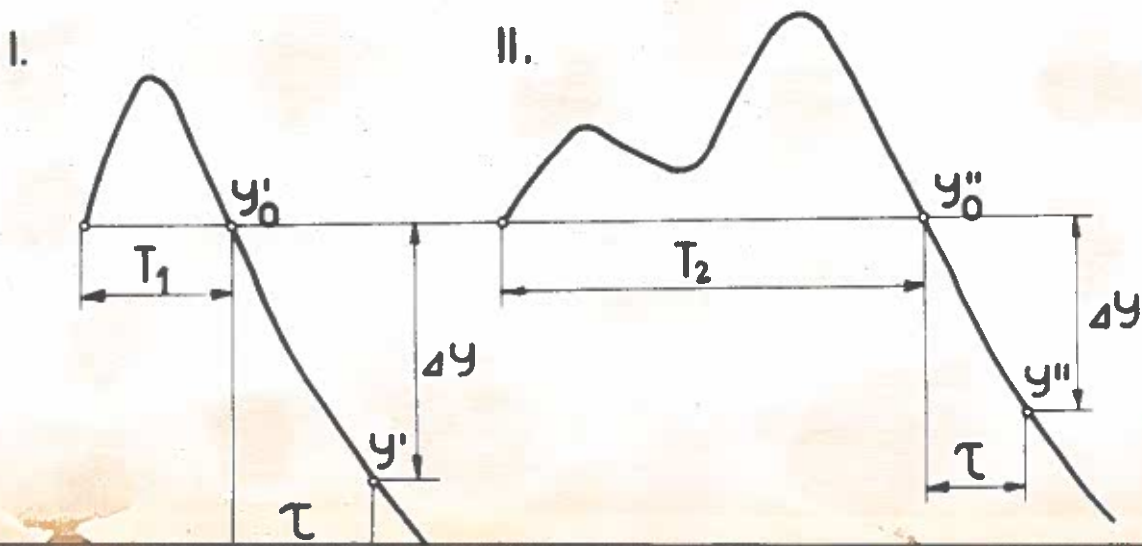
Le tableau ci-joint fait connaître la précision de ces méthodes. Il donne l'appréciation de la prévision pour 24 heures pour les stations: Vienne, Bratislava, Komarno, Sturovo, d'après les données de 1959.

Prévisions des niveaux d'eau
moyens et minima

La méthode de formulation des prévisions des niveaux d'eau moyens et minima est basée sur l'étude des courbes de la baisse d'un ensemble de périodes d'observation 90 courbes ont été choisies. On a étudié la possibilité de prévoir la baisse des niveaux dans des intervalles fixes (5 et 7 jours).

Nous avons commencé à étudier la décrue à partir d'un niveau de 500 cm jusqu'aux niveaux les plus bas. Les résultats reçus sont représentés sur les figures 5 et 6, qui montrent la relation entre le niveau de l'eau au moment de l'émission de la prévision et le niveau d'eau après 5-7 jours de baisse.

Les figures donnent les courbes des baisses maximum, moyenne et minimum du niveau correspondant à 60% ou moins d'eau. En établissant la prévision, on peut prendre comme point de départ la courbe de la baisse moyenne, tout en assurant les limites garanties. Après de 50 - 60% (350-300 cm) d'eau, la prévision d'après la courbe de la baisse moyenne ne garantit pas la limite pour tout l'intervalle. Pour cette raison nous avons tâché d'améliorer cette corrélation en introduisant une nouvelle variable. Nous avons constaté que la durée (T en jours) du niveau dépassant le niveau pronostiqué a une influence sur la valeur de la baisse.



La figure ci-devant montre que la prévision d'après des niveaux d'eau identiques avec la même échéance (T) donne deux niveaux différents: N^I , N^{II} (Y^I , Y^{II}). Les baisses de niveau sont les plus grandes auprès des plus petites valeurs de T, tandis que les plus hautes valeurs de T sont accompagnées des baisses les plus petites. On peut dresser des courbes auprès des valeurs différentes de T.

De cette relation sont exclus seuls les cas où la baisse était influencée par la fonte des neiges (mars-juin), quand la baisse est réduite.

Les relations proposées permettent de formuler des prévisions avec une échéance de 5-7 jours seulement en période de baisse du niveau d'eau.

Précision des prévisions

La précision des prévisions des niveaux moyens de l'eau correspond aux limites fixées. La précision des prévisions garanties des niveaux d'eau est grande parce que la courbe des baisses maxima est dressée d'après les baisses les plus grandes observées jusqu'ici.

Pour conclure, nous sommes d'avis que la coopération entre les services hydrologiques et des prévisions des pays danubiens est nécessaire et qu'il serait utile de procéder à un échange d'expérience entre les différents services aussi bien dans le domaine des méthodes de prévision que dans celui de la technique des instruments et des communications.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗА НА 24 ЧАСА С 1959-ГО ГОДА

APPRECIATION DE LA PRECISION DES PREVISIONS POUR 24 HEURES
A PARTIR DE 1959

Интервалы ошибок des erreurs cm	Б Е Н А			БРАТИСЛАВА			КОМАРНО			ШТУРОВО		
	V	I	E N N E	I	2	3	I	2	3	I	2	3
0 - 2	92	31,70	31,70	126	40,10	40,10	153	49,00	49,00	82	52,20	52,20
3 - 5	76	26,10	57,80	101	32,70	72,80	97	31,20	80,20	47	29,94	82,14
6 - 8	44	15,34	73,14	37	12,00	84,80	34	11,00	91,20	13	8,30	90,44
9 - 11	35	12,05	85,19	22	7,10	91,90	10	3,20	94,40	6	3,82	94,26
12 - 14	15	5,20	90,39	9	2,90	94,80	8	2,66	97,06	7	4,46	98,72
15 - 17	7	2,40	92,79	4	1,30	96,10	1	0,33	97,39	-	-	98,72
18 - 20	8	2,76	95,55	2	0,65	96,75	2	0,65	98,04	1	0,64	99,36
21 - 25	1	0,34	95,89	4	1,30	98,05	2	0,65	98,69	-	-	99,36
26 - 30	1	0,34	96,23	2	0,65	98,70	2	0,65	99,34	-	-	99,5
31 - 40	7	2,40	98,63	-	-	-	2	0,66	100,00	1	0,64	100,00
41 - 50	2	0,69	99,32	1	0,33	99,03	-	-	-	-	-	-
51 - 60	1	0,34	99,66	2	0,65	99,68	-	-	-	-	-	-
61	1	0,34	100,00	1	0,32	100,00	-	-	-	-	-	-
	290	100,00	-	211	100,00	-	311	100,00	-	157	100,00	-

- 1 - количество случаев - количество случаев
- 2 - количество случаев в % - количество случаев в %
- 3 - постепенная сумма интервалов в % - сумма постепенная интервалов в %

Méthodes d'établissement des prévisions hydrologiques
appliquées en République Socialiste Fédérative de Yougoslavie

Pour les besoins de la navigation, l'Institut hydro-météorologique fédéral établit des prévisions des niveaux d'eau : pour une période de deux jours pour la station hydrométrique Bezdan et Veliko Gradiste sur le Danube et Sremska Mitrovica sur la Save; prévisions pour une période de 10 jours, des niveaux moyens et minima, pour: Bezdan, Novi Sad, Zemun, Smeredevo et Veliko Gradiste sur le Danube et Slavonski brod, Slavonski Samac, Sremska Mitrovica et Beograd sur la Save, ainsi que pour la station hydrométrique Senta sur la Tisa: il établit aussi les prévisions pour une période de 7 jours, pour Donji Miholjac sur la Drave, Visegrad sur la Drina et Ljubicevski Most sur la Velika Morava.

Les prévisions pour la période de deux jours se font quotidiennement; les prévisions par décade tous les 10, 20 et pénultièmes jours du mois; les prévisions pour la période de 7 jours se font le mercredi. Les informations sur les prévisions établies sont diffusées par Radio Beograd dans le cadre des renseignements sur les niveaux d'eau et sont transmises aussi aux Etats danubiens par le téléprinteur avec une échange quotidienne de ces données.

Pour la station hydrométrique à Bezdan on établit les prévisions des niveaux d'eau d'après la méthode des niveaux correspondants Budapest-Bezdan, tandis que pour les stations à Veliko Gradiste sur le Danube et Sremska Mitrovica sur la Save on établit les prévisions des niveaux d'eau par expérience.

METHODE D'ETABLISSEMENT DES PREVISIONS
DES NIVEAUX POUR LA PERIODE DE DEUX JOURS
POUR LA STATION HYDROMETRIQUE A BEZDAN

Par l'influence d'un bassin additionnel de 25 483 km²
(Budapest-Bezdan) et par l'influence de la retenue faite par la

Drava, les points correspondants des niveaux d'eaux caractéristiques Budapest-Bezdan sont assez dispersés. La ligne principale de la correspondance ne peut pas être employée pour l'établissement des prévisions car la persistance des prévisions établies de cette manière ne satisfait pas. Pour telle raison, jusqu'à 1963 on établissait les prévisions par expérience.

A la base de l'analyse de certaines lignes de correspondance dans la phase de la crue du niveau et la phase de la baisse du niveau on a obtenu le réseau des lignes de correspondance pour chaque phase particulière, ainsi que la situation réelle de la correspondance, au moment donné, coïncide avec une des lignes, ou bien elle tombe sur la surface entre les deux lignes.

Diagramme n^o 1. - Le réseau des niveaux d'eau correspondants Budapest-Bezdan dans la phase de la crue - sont démontrés les deux exemples des prévisions établies et la situation réelle. Diagramme n^o 2. - Le réseau des niveaux d'eaux Budapest-Bezdan dans la phase de la baisse du niveau - sont démontrés les trois exemples des situations prévues et réalisées.

On établit les prévisions à la base de l'hypothèse que le futur point de correspondance sera sur la ligne de correspondance sur laquelle se trouve le point précédent, c'est-à-dire que ce point se posera dans la limite entre les deux lignes.

En utilisant cette méthode on a amélioré l'exactitude des prévisions. Ainsi, pour l'erreur de 23 cm. (20 % de l'amplitude calculée A_p), la persistance naturelle porte à 72,2 %; la persistance des prévisions établies en 1962 (par expérience) porte à 89,7 % la persistance des prévisions établies à l'aide de la méthode ci-dessus décrite (par l'utilisation de la famille des lignes correspondantes dans la phase de la crue et la phase de la baisse du niveau) porte à 95,0 %.

Dans le cas de l'erreur de 17 cm. (15 % de l'amplitude calculée A_p), la persistance des prévisions pour la période de deux jours est de 51 %; la persistance des prévisions établies en 1962 est de 80 %; la persistance des prévisions établies à l'aide de la méthode ci-dessus mentionnée est de 92 %.

L'amélioration de l'établissement des prévisions est satisfaisante et par conséquent, en 1963 on établissait les prévisions pour la période de deux jours pour Bezdan de telle manière. La persistance des prévisions en 1963, établies pour les jours sans glaces, sauf le décembre, pour l'erreur admise de 24 cm. porte à 97 % et pour l'erreur admise de 17 cm. à 93 %.

Les prévisions pour une période de 10 jours sont établies à la base de l'analyse: de la situation sur la voie principale et les affluents; de la situation atmosphérique et l'évolution du temps pour les cinq jours suivants, sur le territoire du bassin.

L'analyse de la situation sur la voie principale et ses affluents comprend: l'analyse des inondations existantes, c'est-à-dire, la phase de la crue et la phase de la baisse des niveaux, l'évaluation du temps du passage de l'inondation (dans des phases différentes) par certains profils et l'évaluation des transformations, provoquées par le passage de l'inondation observée.

L'analyse de la situation atmosphérique consiste à se rendre compte des systèmes existants (cyclones, anticyclones, fronts, etc.) sur le territoire du bassin et à connaître l'évolution de ces systèmes pour les cinq jours suivants.

Par une analyse des inondations précédentes et des périodes d'aridité on s'est rendu compte des correspondances suivantes - l'évolution du temps - précipitations atmosphériques - servant comme base pour l'établissement des prévisions des niveaux d'eaux moyens et minima pour une période de dix jours.

- Les pénétrations très aigues de l'air froid du nord-ouest provoquent des précipitations remarquables dans la région haute et moyenne du bassin du Danube, du bassin de la Save et dans la région haute du bassin de la Drave.

- Les pénétrations occidentales remarquables de l'air froid provoquent des précipitations sur le même territoire qui est mentionné ci-dessus.

- L'activité des cyclones dans la région de Genova ou dans la mer Adriatique, provoque des précipitations sur le territoire des bassins de la Save, de la Drave et de la Velika Morava.

- L'existence de la goutte froide au-dessus de la péninsule des Balkans, au printemps et en été, provoque des précipitations qui durent plusieurs jours, sur le territoire du bassin pannonien, du bassin de la Save et celui de la Velika Morava.

- Le maintien de l'anticyclone au-dessus des Balkans, au cours de l'été, surtout au commencement de l'été, conditionne l'apparition des courants de l'air chaud du sud-ouest, ce qui provoque dans la région des Alpes une fonte intensive des neiges et des glaces sur les Alpes.

- L'activité intensive des cyclones au cours de l'hiver, ou au commencement de l'été dans la Méditerranée provoque soit des précipitations pluvieuses ou neigeuses abondantes, soit la fonte de la couverture de neige. S'il neigera ou si la fonte des neiges sera avec ou sans pluie, dépend de nombreuses caractéristiques météorologiques qu'on peut, dans la plupart des cas, analyser et prévoir.

Le maintien de l'activité des anticyclones au-dessus de l'Europe centrale, ou bien au-dessus de la péninsule des Balkans, provoque une période sans précipitations atmosphériques dans ces régions.

Comme les situations mentionnées peuvent avoir de nombreuses variantes les spécialistes qui s'occupent de l'établissement des prévisions doivent être renseignés sur les situations existantes dans le passé. Une suite de variantes surtout large est celle dont on se rend compte par une analyse de l'évolution du temps et de ses conséquences, ainsi que par l'analyse de la situation sur le Danube et ses affluents.

Lors de l'établissement des prévisions des niveaux d'eaux moyens et minima, pour une période de dix jours, on se rend compte de la position des inondations existantes sur la

voie principale . et ses affluents, de la possibilité de leurs correspondances et leur transformation par rapport aux inondations à survenir ou aux périodes sans précipitations atmosphériques.

Les prévisions pour une période de 7 jours sont établies de la même manière comme celles de 10 jours.

On fait l'appréciation de l'établissement des prévisions d'après la méthode suivante:

Pour une certaine sorte de prévisions on détermine la persistance naturelle à la base de laquelle on fait un diagramme de la persistance naturelle on obtient l'amplitude calculée. Pour l'erreur permise on prend la valeur de 20 % ou de 15 % de la valeur de l'amplitude calculée. Pour un critérium plus rigoureux on prend la valeur de 15 %. Nous mentionnons que la dite méthode est traitée dans la littérature scientifique soviétique ce qui nous permet de la rappeler seulement sans la discuter en détails.

Dans le texte qui suit nous avons donné l'aperçu des erreurs permises (15 % de l'amplitude calculée); la persistance naturelle pour l'erreur permise et la persistance des prévisions établies en 1962.

Prévisions pour la période de deux jours

Localité	Station hydrométrique	erreur permise en cm	persistance naturelle en %	persistance des prévisions en %
Novosad	Bezdan	17	51	80
Novosad	V. Gradiste	15	60	84
Novosad	Sr. Mitrovica	21	58	84

Prévisions des niveaux d'eaux moyens pour une période de 10 jours

Fleuve	Station hydrométrique	erreur permise en cm	persistance naturelle en %	persistance des prévisions en %
Dunav	Bezdan	36	40	78
Dunav	Novi Sad	35	44	83
Dunav	Zemun	41	38	80
Dunav	Smederevo	37	45	83
Dunav	Vel. Gradiste	40	44	85
Sava	Slav. Brod	71	48	64
Sava	Slav. Samac	64	49	69
Sava	Srem. Mitrovica	52	47	78
Sava	Beograd	42	45	75

Prévisions des niveaux d'eaux minima pour une période de 10 jours

Dunav	Bezdan	42	52	67
Dunav	Novi Sad	37	49	66
Dunav	Zemun	47	48	86
Dunav	Smederevo	41	57	78
Dunav	Vel. Gradiste	44	57	85
Sava	Slav. Brod	85	58	81
Sava	Slav. Samac	69	57	74
Sava	Srem. Mitrovica	52	53	72
Sava	Beograd	48	56	86

Les prévisions des niveaux d'eaux moyens et minima pour une période de 7 jours pour la station Donji Miholjac sur la Drave, pour Visegrad sur la Drina et Ljubicevski Most sur la Velika Morava ne sont pas encore satisfaisantes.

Afin d'améliorer l'établissement des prévisions, c'est-à-dire de perfectionner les méthodes d'établissement des prévisions, nous proposons que les pays danubiens se mettent en contact pour discuter les problèmes communs de cette matière.

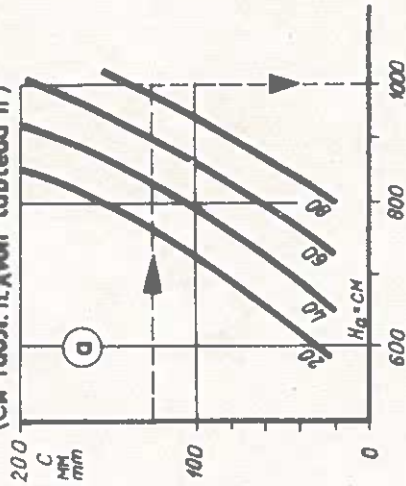
П Р И Л О Ж Е Н И Я

A N N E X E S

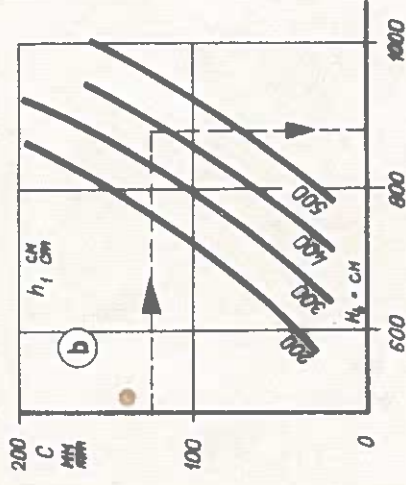
ПРОГНОЗ ПИКА ПАВОДКОВ ПО ДАННЫМ ОСАДКОВ У В.П. МОХАЧ
 PREVISION DE LA POINTE DE CRUE A LA ST. HYDR.
 MOHÁCS SUR LA BASE DES PRECIPITATIONS

Показатель прешестеу-
 ющих осадков, Σ , мм
 Indice des précipitations
 précédentes

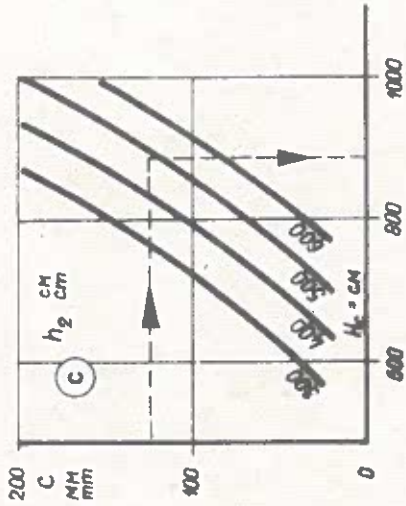
(См табл. II. Voir tableau II)



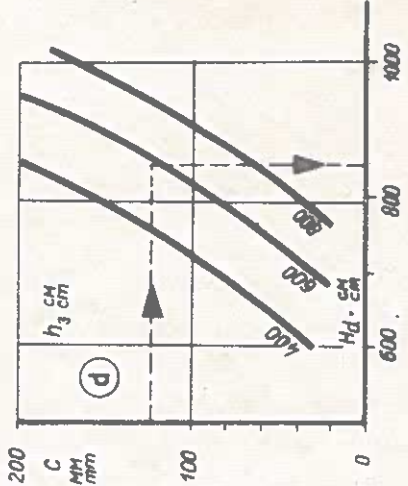
Уровень воды по еп.
 Энгельхартсцелль
 Niveau d'eau à la st. hydr.
 Engelhartszell



Уровень воды по еп.
 Кремс
 Niveau d'eau à la st. hydr.
 Krems



Уровень воды по еп.
 Братислава
 Niveau d'eau à la st. hydr.
 Bratislava



Уровень воды по еп.
 Будапешт
 Niveau d'eau à la st. hydr.
 Budapest

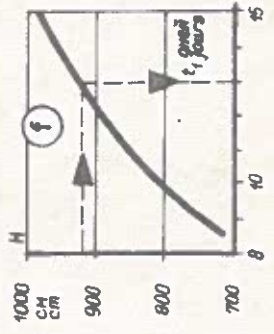
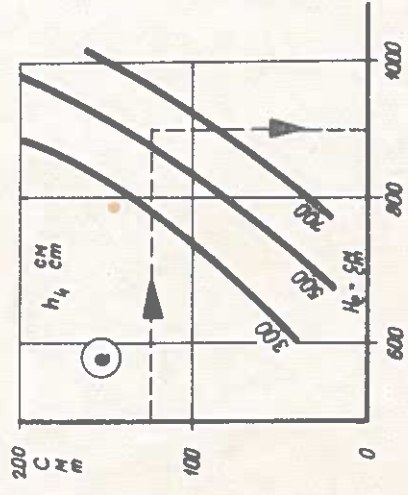


Рис. 1.
 Fig. 1.

C — показатель осадков, вызывающих паводок (см. табл. 1 и рис. 1.)
 h_i — уровни воды во время начала выпадения осадков C .
 H — уровень пика паводка у вл. Мохач.
 t — время добегаия.

Пример (июль 1954 г.) :

День составления прогноза : 9-го июля

Осадки (6-9 июля 1954 г.)

Показатель предшествующих осадков

Уровень воды во время
 начала выпадения
 осадков (на 6-го июля)

{ Энгельхартсцалль
 Кремс
 Братислава
 Будапешт

$C = 123$ мм
 $Z = 84$ мм
 $h_1 = 381$ см
 $h_2 = 488$ см
 $h_3 = 587$ см
 $h_4 = 560$ см

Отсчеты:

$H_a = 990$ см $t = 13$ дней
 $H_b = 905$ см
 $H_c = 910$ см
 $H_d = 870$ см
 $H_e = 915$ см

Средняя $H = 918$ см

Ожидаемый пик паводка у вл. Мохач на 21-23 июля: 920 см ± 30 см

Наблюдаемый пик 23-го июля : 924 см

C — Indice des précipitations provoquant des crues (voir tableau 1 et fig. 1).

h_i — Niveau d'eau au début de la tombée des précipitations C .

H — Niveau de la pointe de crue à la st. hydr. Mohács

t — Durée de l'arrivée du flot.

Exemple (juillet 1954)

Jour de la prévision : Le 9 juillet

Précipitations (6-9 juillet 1954)

Indice des précipitations précédentes

Niveau au début de la tombée
 des précipitations
 (le 6 juillet)

{ Engelhartzell
 Krems
 Bratislava
 Budapest

$C = 123$ mm
 $Z = 84$ mm
 $h_1 = 381$ cm
 $h_2 = 488$ cm
 $h_3 = 587$ cm
 $h_4 = 560$ cm

Calculs:

$H_a = 990$ см $t = 13$ jours
 $H_b = 905$ см
 $H_c = 910$ см
 $H_d = 870$ см
 $H_e = 915$ см

Valeur moyenne $H = 918$ см

Pointe de crue pronostiquée pour les 21-23 juillet à la st. hydr. Mohács : 920 см ± 30 см

Niveau de pointe observé le 23 juillet : 924 см

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ЕЖЕДНЕВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
РАСХОДОВ ВОДЫ С 3-ГО ПО 11-ГО ИЮЛЯ 1954 Г.

PROFIL EN LONG DES VARIATIONS JOURNALIERES DU
DEBIT D'EAU DU 3 AU 11 JUILLET 1954

Изменения расхода воды в предшествующие 24 часа, ΔQ , м³ / сек
Variations du débit d'eau au cours des 24 heures écoulées, ΔQ , м³/sec

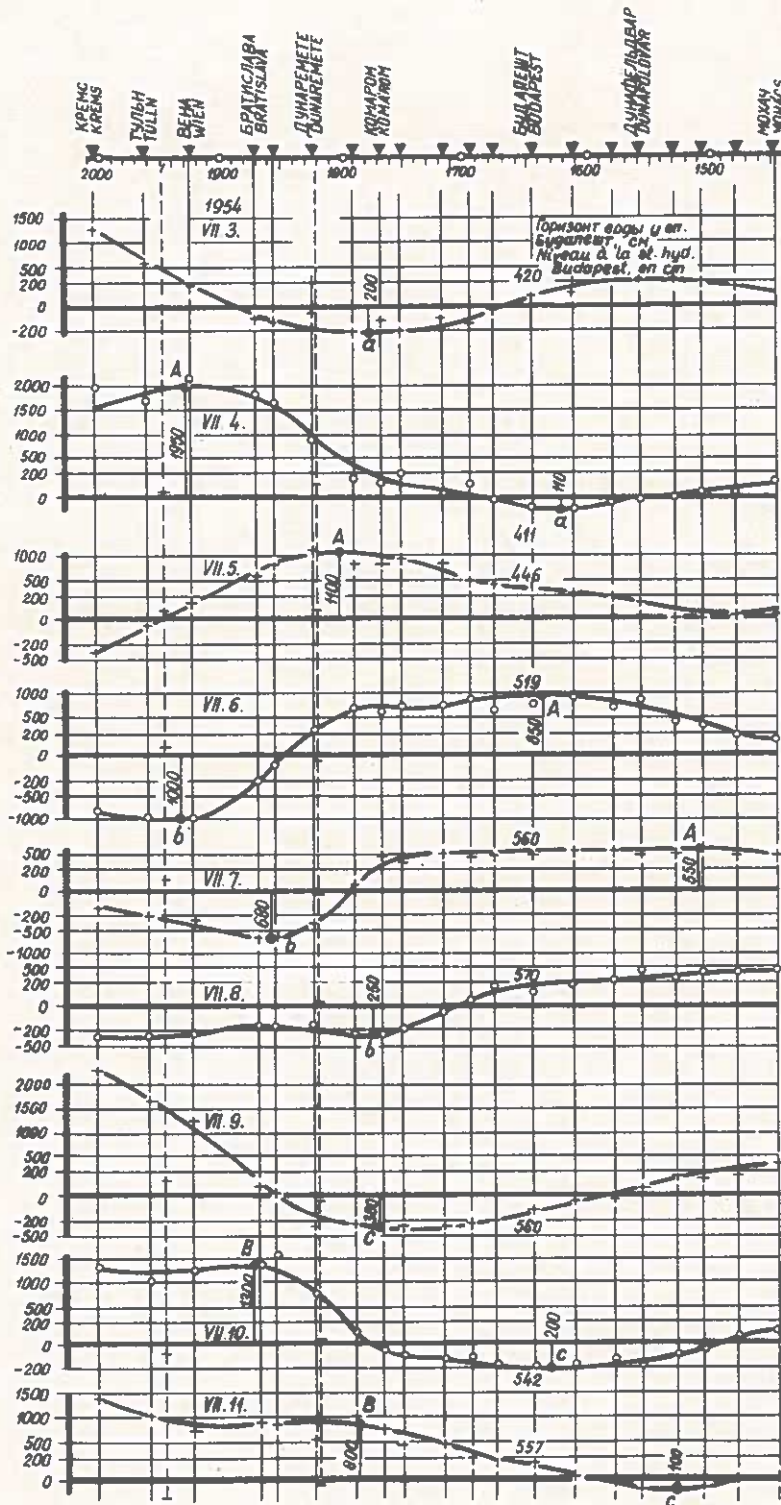
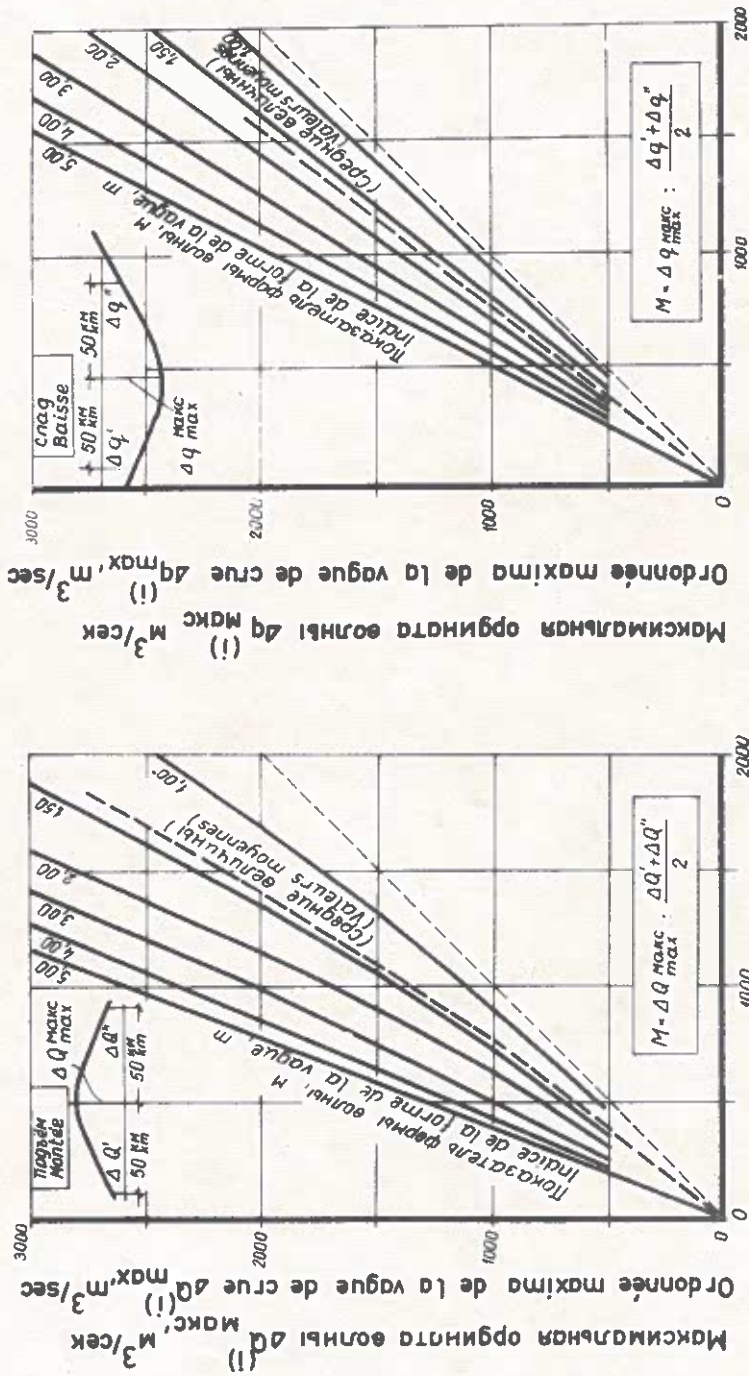


Рис. 3.
Fig. 3.

РАСПЛАСТЫВАНИЕ ВОЛН ИЗМЕНЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ
 Р. ДУНАЙ, УЧАСТОК КРЕМС-МОХАЧ

AMPLITUDE DES VAGUES DE LA VARIATION DU DEBIT SUR LE
 SECTEUR KREMS-MOHACS



Максимальная ордината волны в
 последующий день, $\Delta Q_{\text{макс}}$, м³/сек

Ordonnée maxima de la vague le
 lendemain $\Delta Q_{\text{макс}}$, м³/сек

Максимальная ордината волны в
 последующий день, $\Delta q_{\text{макс}}$

Ordonnée maxima de la vague le
 lendemain $\Delta q_{\text{макс}}$

Рис. 4.
 Fig. 4.

ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАЗ ПАВОДОЧНОЙ ВОЛНЫ
НА Р. ДУНАЙ
TEMPS D'ARRIVEE DES DIFFERENTES PHASES DE LA VAGUE
DE CRUE SUR LE DANUBE

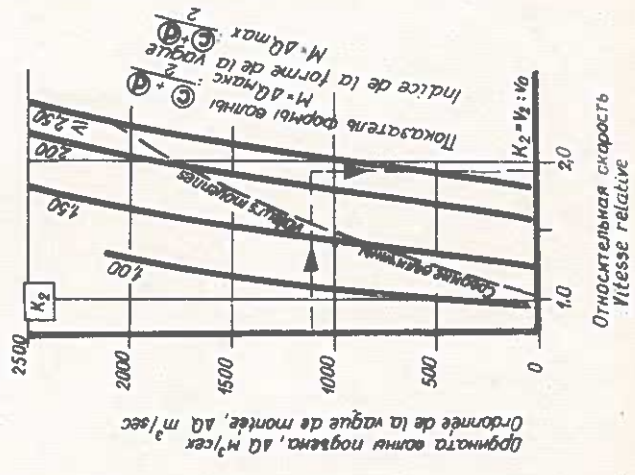
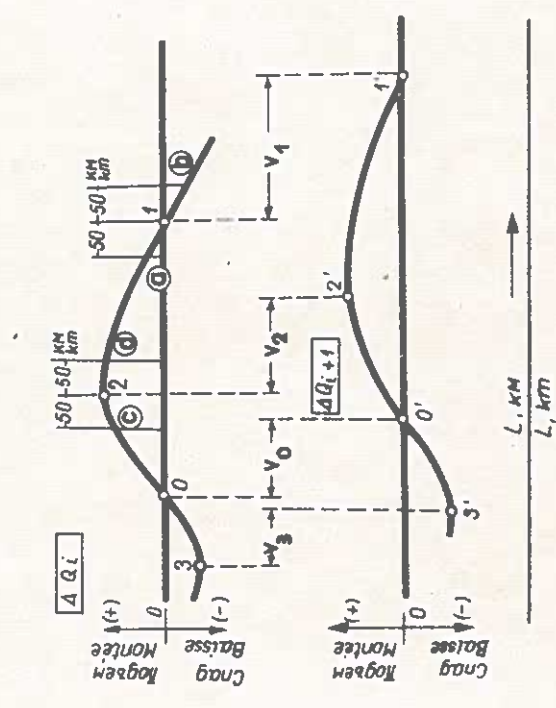
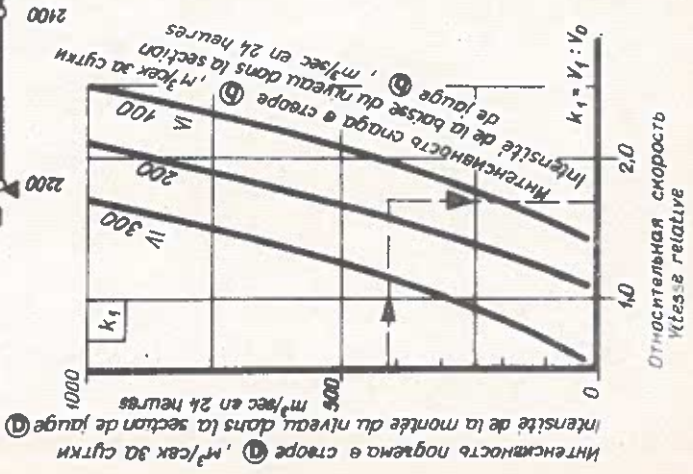
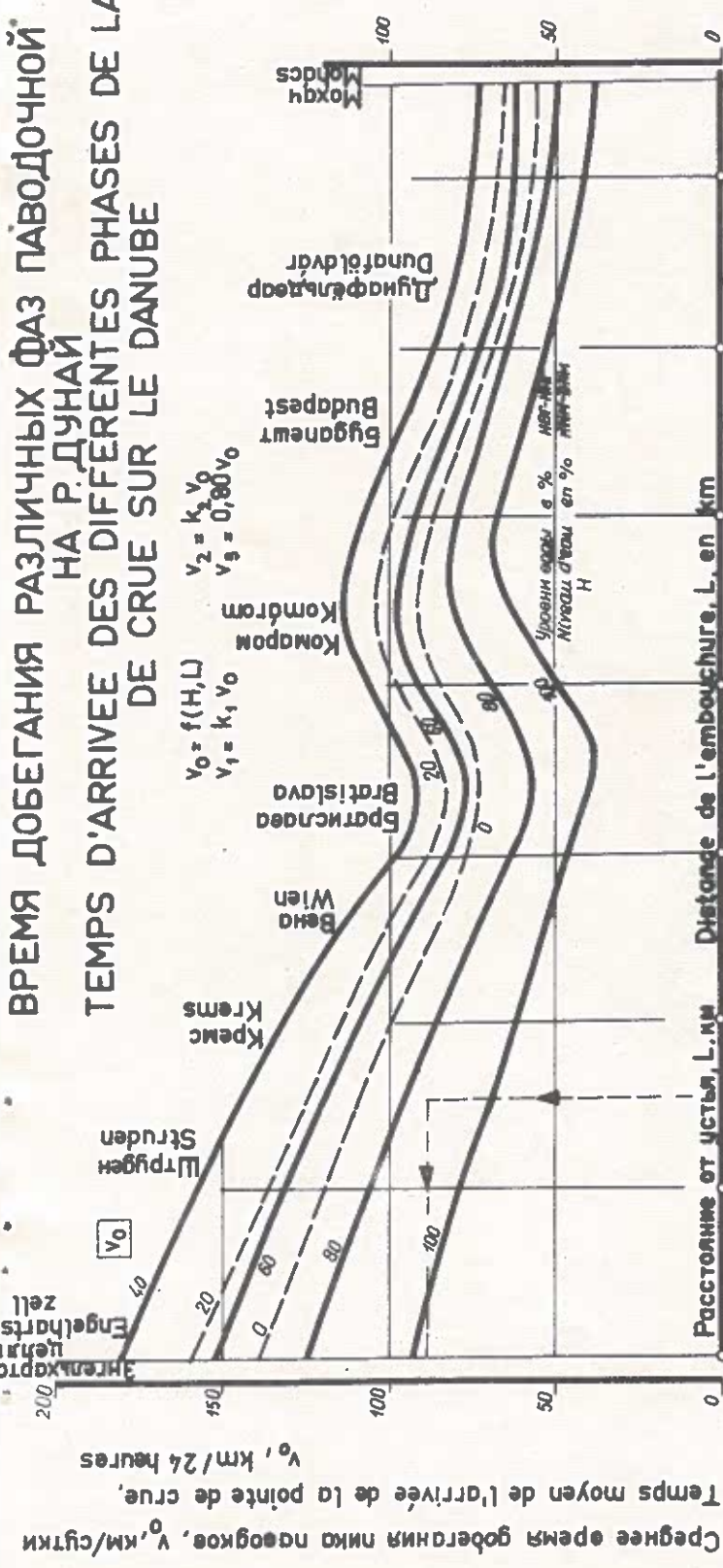


Рис. 5.
Fig. 5

Пример :

$L = 2044$ км
 $H = 85\%$

$V_0 = 87$ км /сутки

$\Delta Q_a = 420 \text{ м}^3/\text{сек}$

$\Delta Q_b = 175 \text{ м}^3/\text{сек}$

$k_1 = 1,65$

$v_1 = k_1 V_0 = 1,65 \times 87 = 144$ км /сутки

$\Delta Q = 1120 \text{ м}^3/\text{сек}$

$M = 2,20$

$k_2 = 1,92$

$v_2 = k_2 V_0 = 1,92 \times 87 = 167$ км /сутки

Соотношение $v_3 = 0,80 v_0$ и средние величины k_2 можно применять также в случае промежуточной ординаты волн.

Exemple :

$L = 2044$ km
 $H = 85\%$

$v_0 = 87$ km/24 heures

$\Delta Q_a = 420 \text{ м}^3/\text{sec}$

$\Delta Q_b = 175$

$k_1 = 1,65$

$v_1 = k_1 v_0 = 1,65 \times 87 = 144$ km/24 heures

$\Delta Q = 1120 \text{ м}^3/\text{sec}$

$M = 2,20$

$k_2 = 1,92$

$v_2 = k_2 v_0 = 1,92 \times 87 = 167$ km /24 heures

Le rapport entre $v_3 = 0,80 v_0$ et la valeur moyenne k_2 peut s'appliquer également pour l'ordonnée intermédiaire de la vague.

День составления прогноза: 6-го августа 1957 г.
 Jour de la prévision: le 6 août 1957

Инженльцелль Engelhartzell	Линц Linz	Кремс Krems	Вена Wien	Братислава Bratislava	Дунаремете Dunaremete (Сараг / Szereg) (Араш / Arads)	Комаром Komárom	Эстергом Esztergom	Будапешт Budapest	Дунафайвар Dunaföldvár	Мохач Móhács
243	300	309	341	427	497	367	344	447	366	747
23	26	29	99	37	52	47	46	52	52	79
1400	1750	2050	2530	2430	265	3060	3160	3600	3670	4000
1480	1880	2200	2970	2630	2000	3320	3600	4000	4000	3800
-80	-130	-140	-140	-800	-250	-260	-440	-500	-660	-300
H_i	H_i	H_i	H_i	H_i	(40) (122)					
Q_i	Q_i	Q_i	Q_i	Q_i	(70) (12)					
Q_{i-1}	Q_{i-1}	Q_{i-1}	Q_{i-1}	Q_{i-1}	(-30) (-4)					
ΔQ_i	ΔQ_i	ΔQ_i	ΔQ_i	ΔQ_i						

Изменение расхода воды за 24 часа, ΔQ , м³/сек
 Variations du débit d'eau en 24 heures, ΔQ , м³/сек

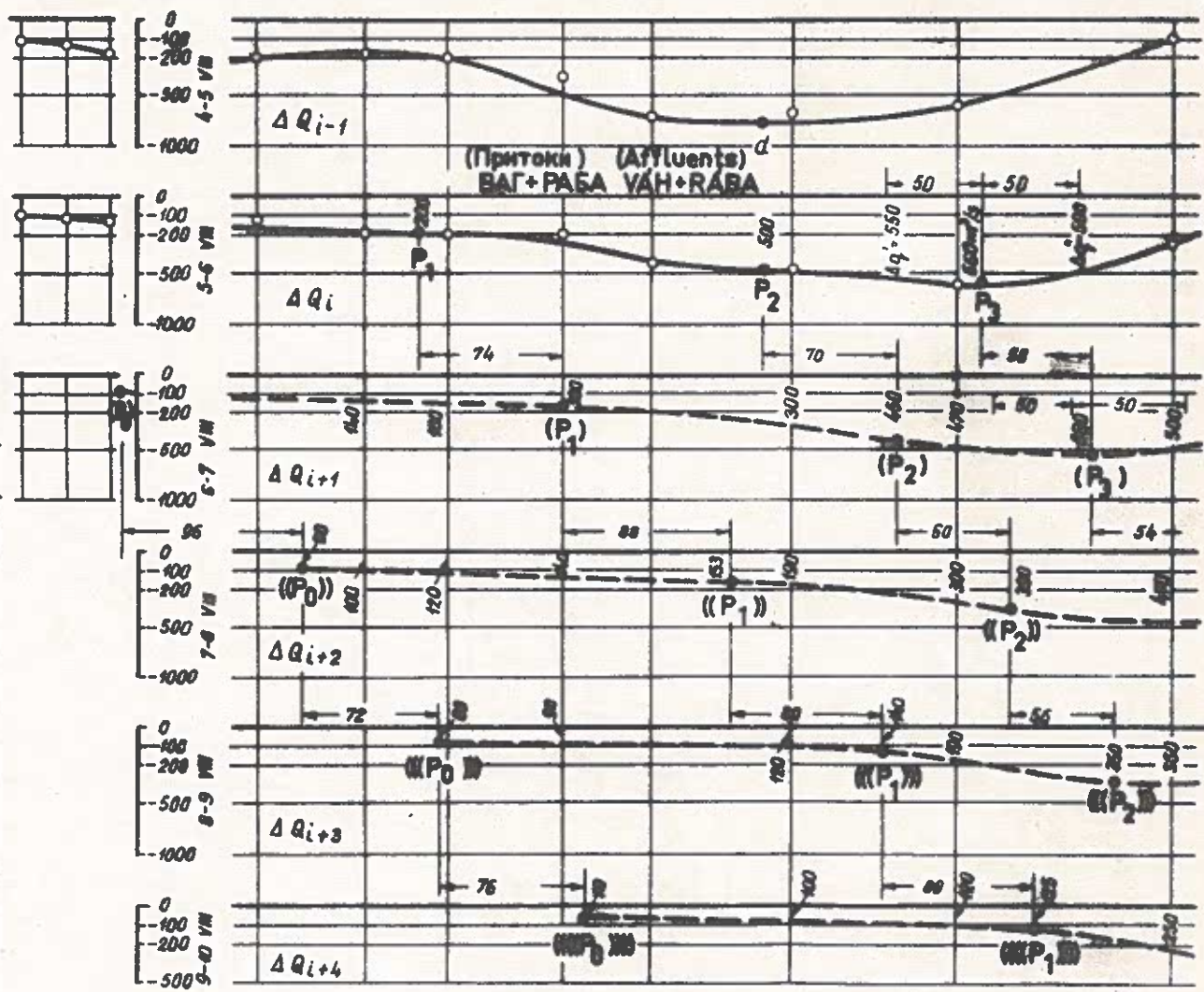
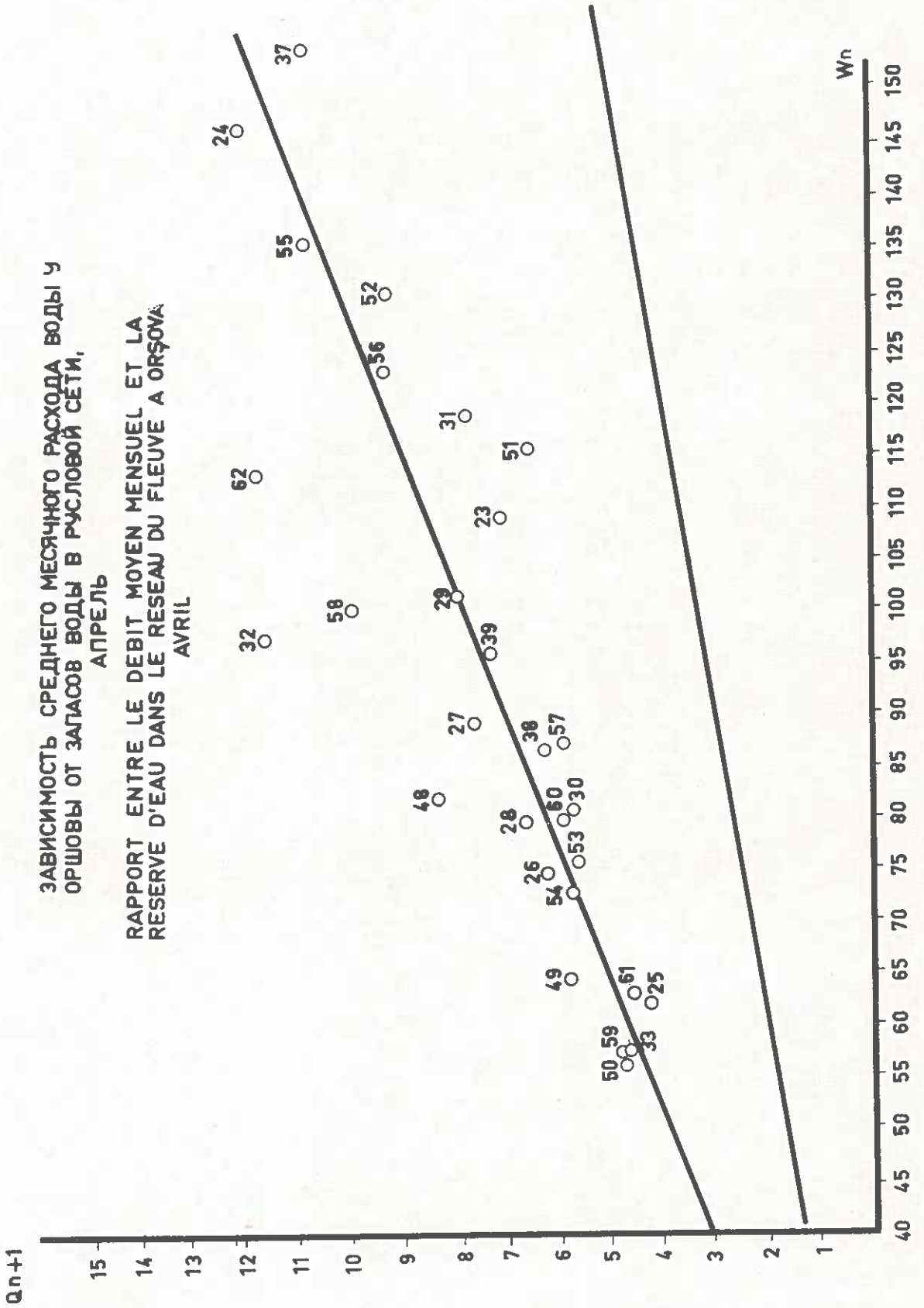


Рис. 7.
 Fig. 7.

	Изменение расхода воды на Variations du débit pour les				Предсказанное изменение Variations pronostiquées								Наблюдаемое изменение уровня воды на Variations de niveau observées les			
					расхода воды на du débit d'eau pour les				уровня воды на du niveau pour les							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	следующие дни jours suivants				следующие дни jours suivants								следующие дни jours suivants			
м ³ /сек		м ³ /sec		м ³ /сек		м ³ /sec		см		см		см		см		
БРАТИСЛАВА BRATISLAVA	-140	-100	-	-	-140	-240	-	-	-18	-31	-	-	-19	-37	-	-
КОМАРОМ KOMAROM	-180	-140	-90	-	-180	-320	-410	-	-18	-35	-44	-	-25	-47	-57	-
БУДАПЕШТ BUDAPEST	-300	-190	-120	-100	-300	-490	-610	-710	-31	-50	-63	-74	-39	-96	-90	-107
МОХАЧ MONACS	-500	-470	-360	-250	-500	-970	-1330	-1580	-48	-97	-138	-168	-47	-100	-147	-187

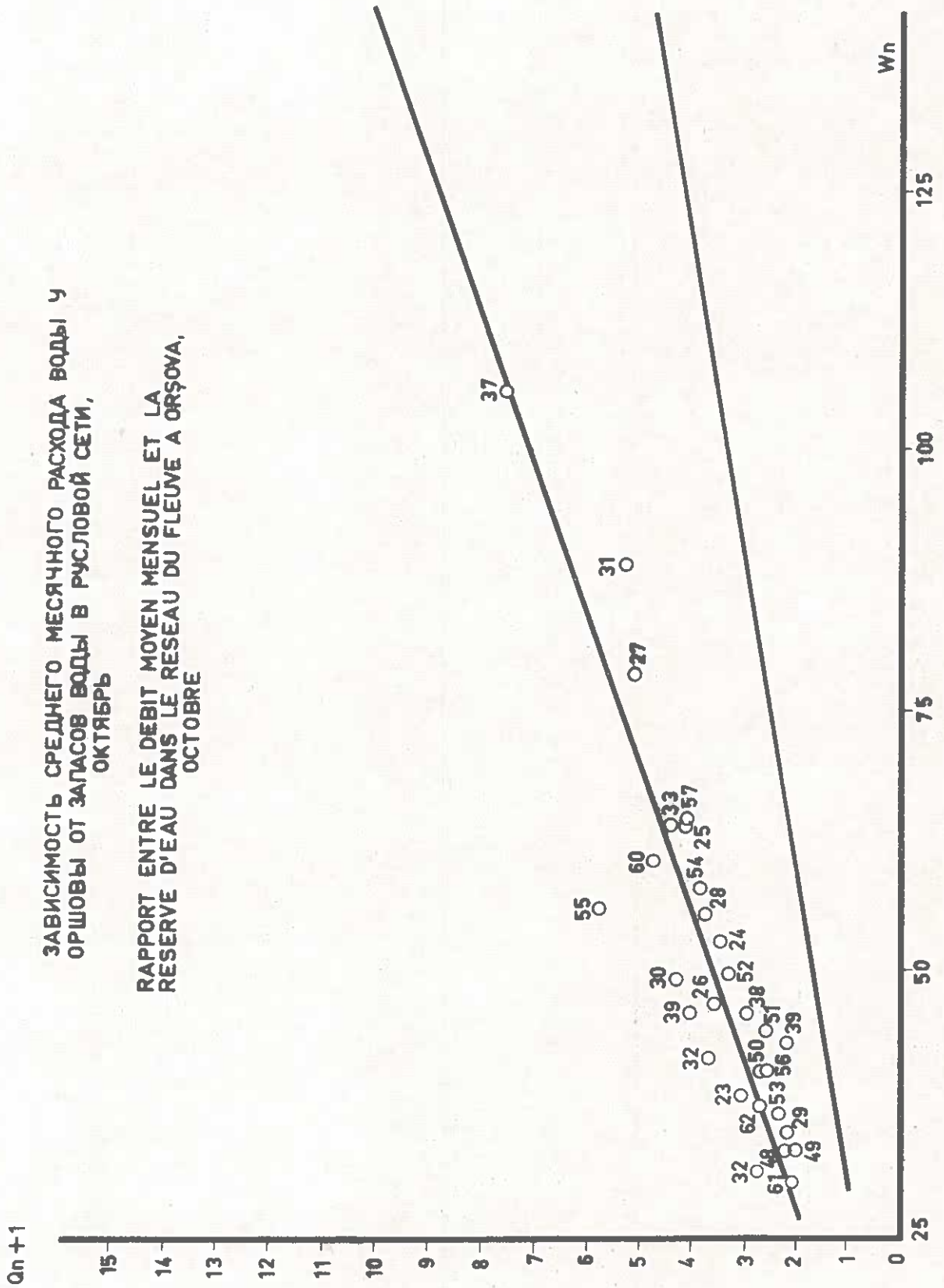
ЗАВИСИМОСТЬ СРЕДНЕГО МЕСЯЧНОГО РАСХОДА ВОДЫ У
 ОРШОВЫ ОТ ЗАПАСОВ ВОДЫ В РУСЛОВОЙ СЕТИ,
 АПРЕЛЬ

RAPPORT ENTRE LE DEBIT MOYEN MENSUEL ET LA
 RESERVE D'EAU DANS LE RESEAU DU FLEUVE A ORȘOVA
 AVRIL

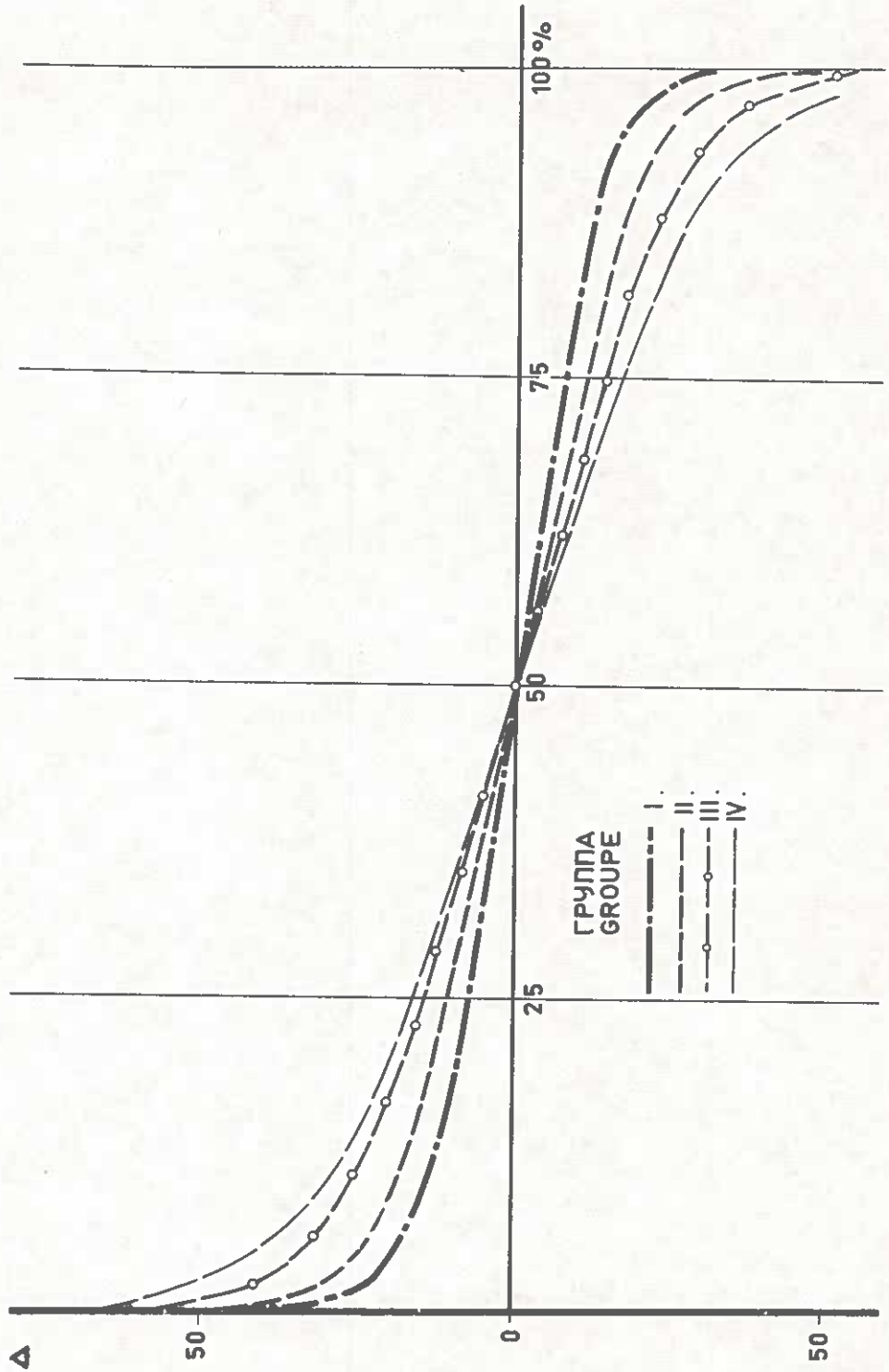


ЗАВИСИМОСТЬ СРЕДНЕГО МЕСЯЧНОГО РАСХОДА ВОДЫ У
 ОРШОВЫ ОТ ЗАПАСОВ ВОДЫ В РУСЛОВОЙ СЕТИ,
 ОКТЯБРЬ

RAPPORT ENTRE LE DEBIT MOYEN MENSUEL ET LA
 RESERVE D'EAU DANS LE RESEAU DU FLEUVE A ORȘOVA,
 OCTOBRE

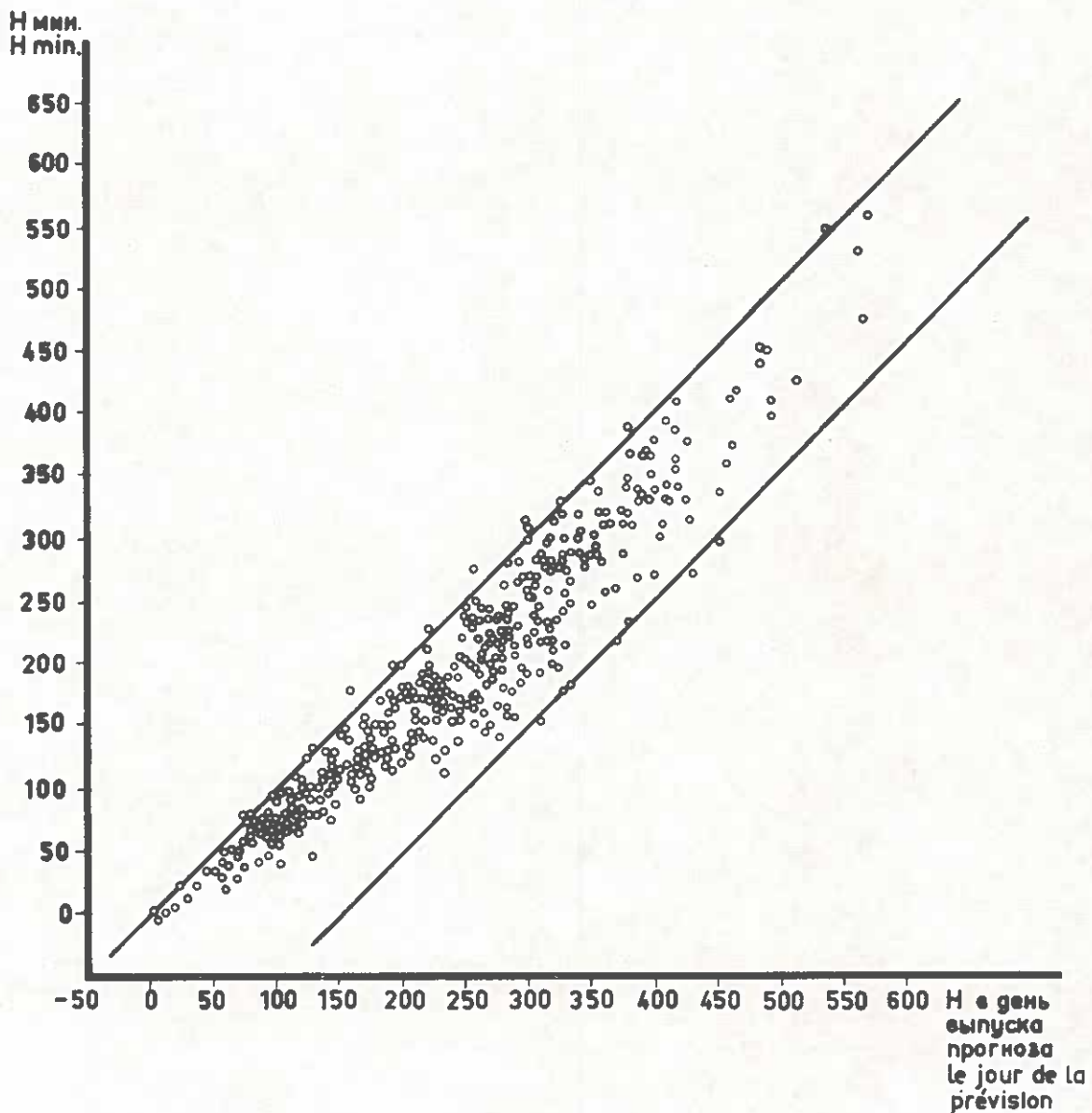


КРИВАЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОШИБОК ДЕКАДНЫХ ПРОГНОЗОВ
НАИНИЗШИХ УРОВНЕЙ ВОДЫ У ОРШОВЫ
COURBE DE LA PROBABILITE D'ERREURS DANS LA PREVISION DECADEAIRE
DES NIVEAUX LES PLUS BAS A ORȘOVA



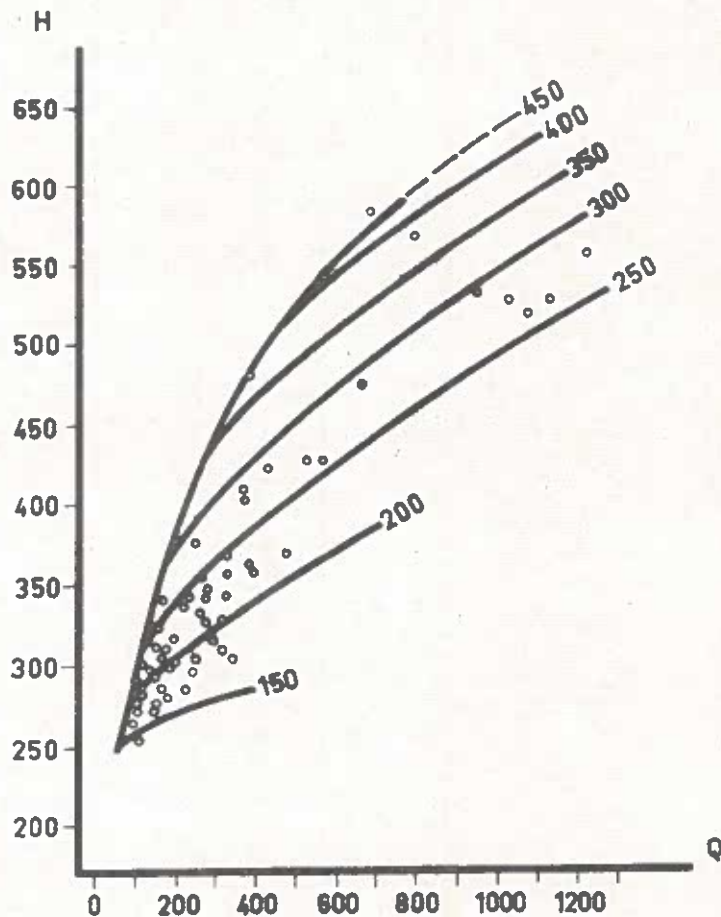
ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ МИНИМАЛЬНЫМИ ДЕКАДНЫМИ УРОВНЯМИ
ВОДЫ И УРОВНЯМИ В ДЕНЬ ВЫПУСКА ПРОГНОЗА У ОРШОВЫ

RAPPORT ENTRE LES NIVEAUX D'EAU MINIMA DECAIDAIRES ET LE NIVEAU
PRONOSTIQUE POUR LE JOUR DONNE A ORȘOVA



ЗАВИСИМОСТЬ ПРОГНОЗА УРОВНЯ ВОДЫ С ЗАБЛАГОВРЕ-
МЕННОСТЬЮ 5 ДНЕЙ ОТ СТОКА В ВЕРХНЕМ СТВОРЕ И
УРОВНЯ В НИЖНЕМ СТВОРЕ В ДЕНЬ ВЫПУСКА ПРОГНОЗА

RAPPORT ENTRE LA PREVISION DE NIVEAU AVEC UNE ECHEANCE DE
5 JOURS ET L'ECOULEMENT DES EAUX DANS LA SECTION DE JAUGE AMONT
AINSI QUE LE NIVEAU DANS LA SECTION DE JAUGE AVAL LE JOUR DE LA
PREVISION



СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ФАКТИЧЕСКИМ УРОВНЕМ ВОДЫ И РАССЧИТАННЫМ
СТОКОМ У ОЛТЕНИЦЫ ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ВРЕМЕНИ ДОБЕГАНИЯ

RAPPORT ENTRE LE NIVEAU D'EAU EFFECTIF ET LE DEBIT CALCULE A OLTENITA
AUPRES DE DIFFERENTES VALEURS DU TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT

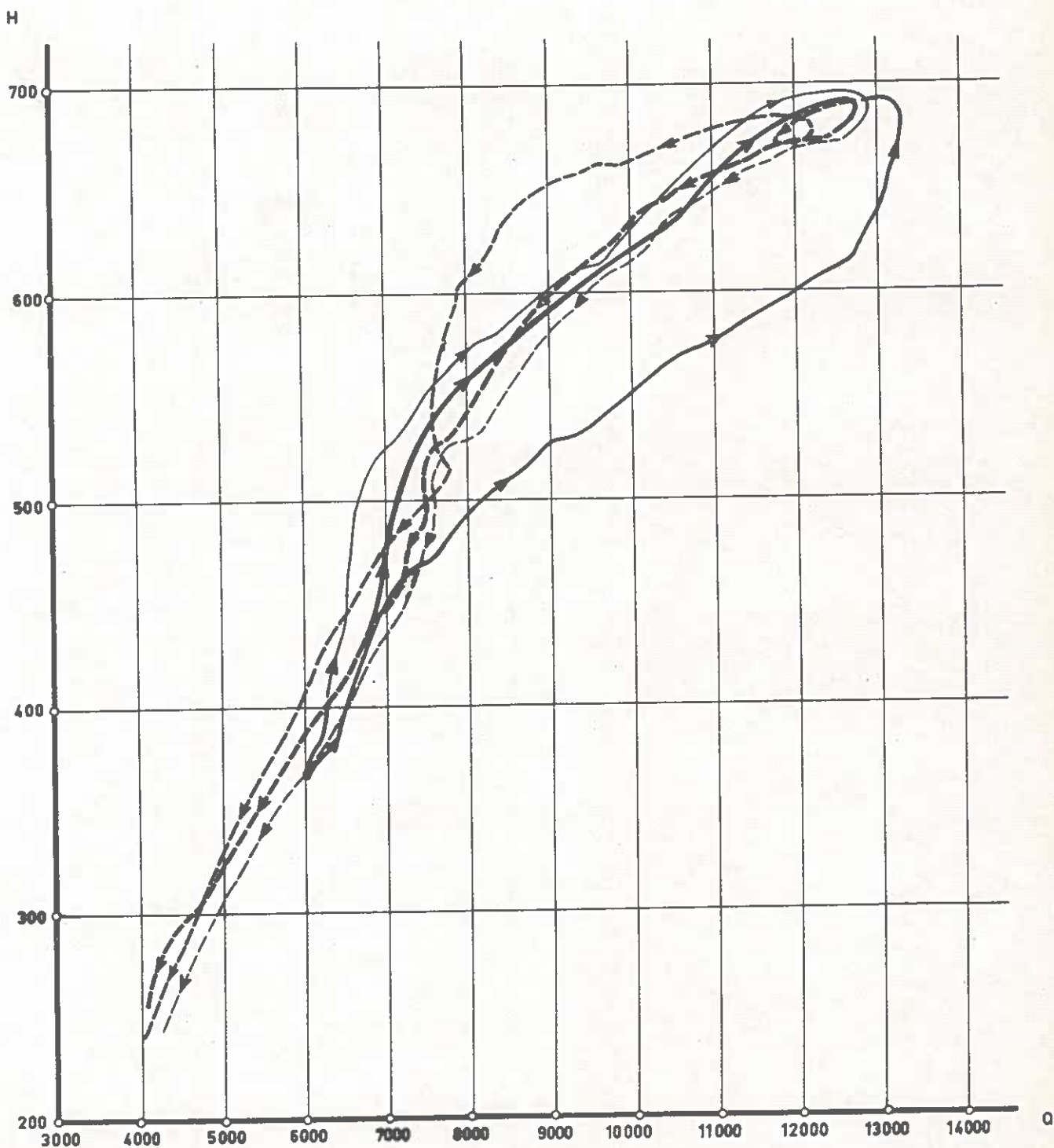
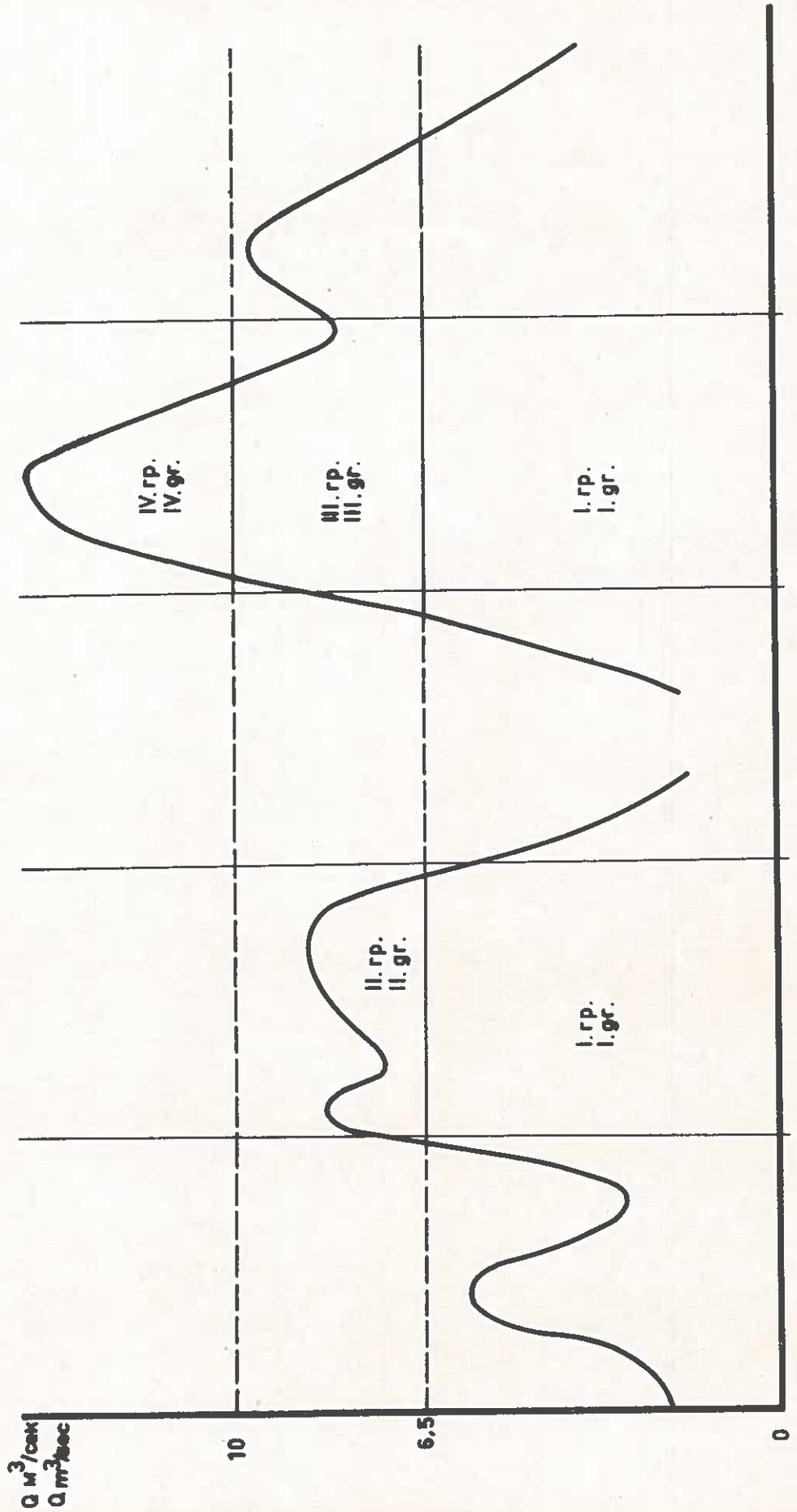
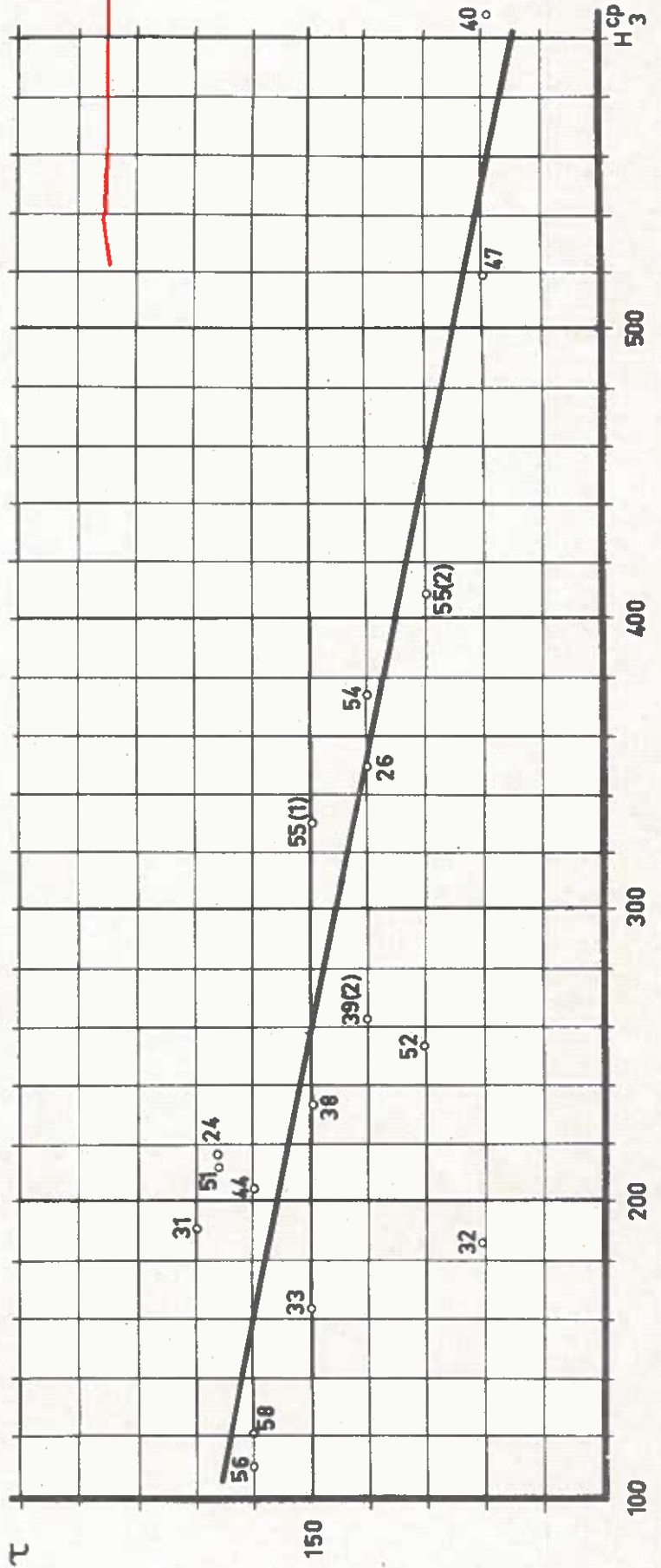


СХЕМА ДЕЛЕНИЯ ГИДРОГРАФА НА ГРУППЫ
REPARTITION EN GROUPES DE L'HYDROGRAMME

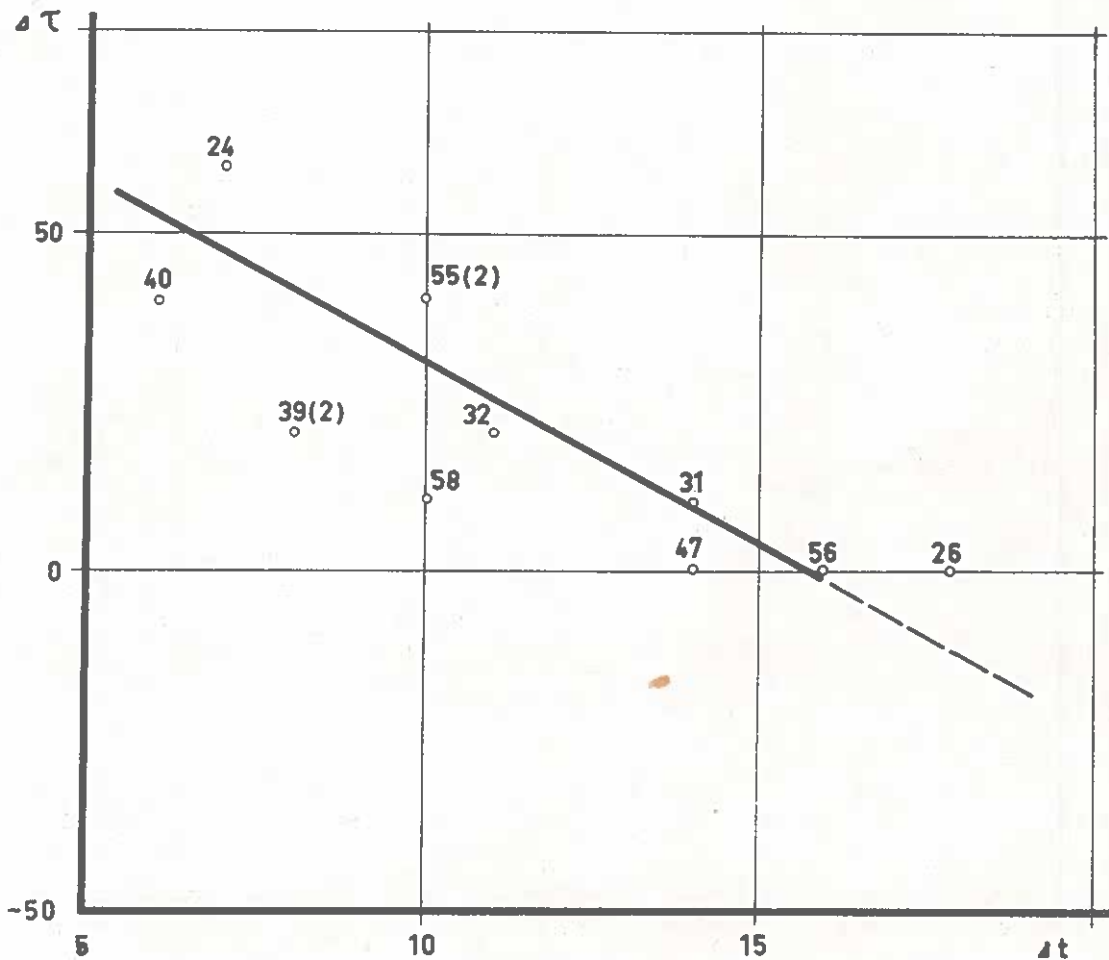


ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ ДОБЕГАНИЯ ОТ СТЕПЕНИ ЗАПОЛ-
НЕННОСТИ ПОЙМЫ ВОДОЙ НА УЧАСТКЕ ОРШОВА-ОЛТЕНИЦА
RAPPORT ENTRE LE TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT ET LE VOLUME DE LA
MASSE D'EAU DANS LE LIT MAJEUR DANS LE SECTEUR ORSOVA-OLTENIȚA

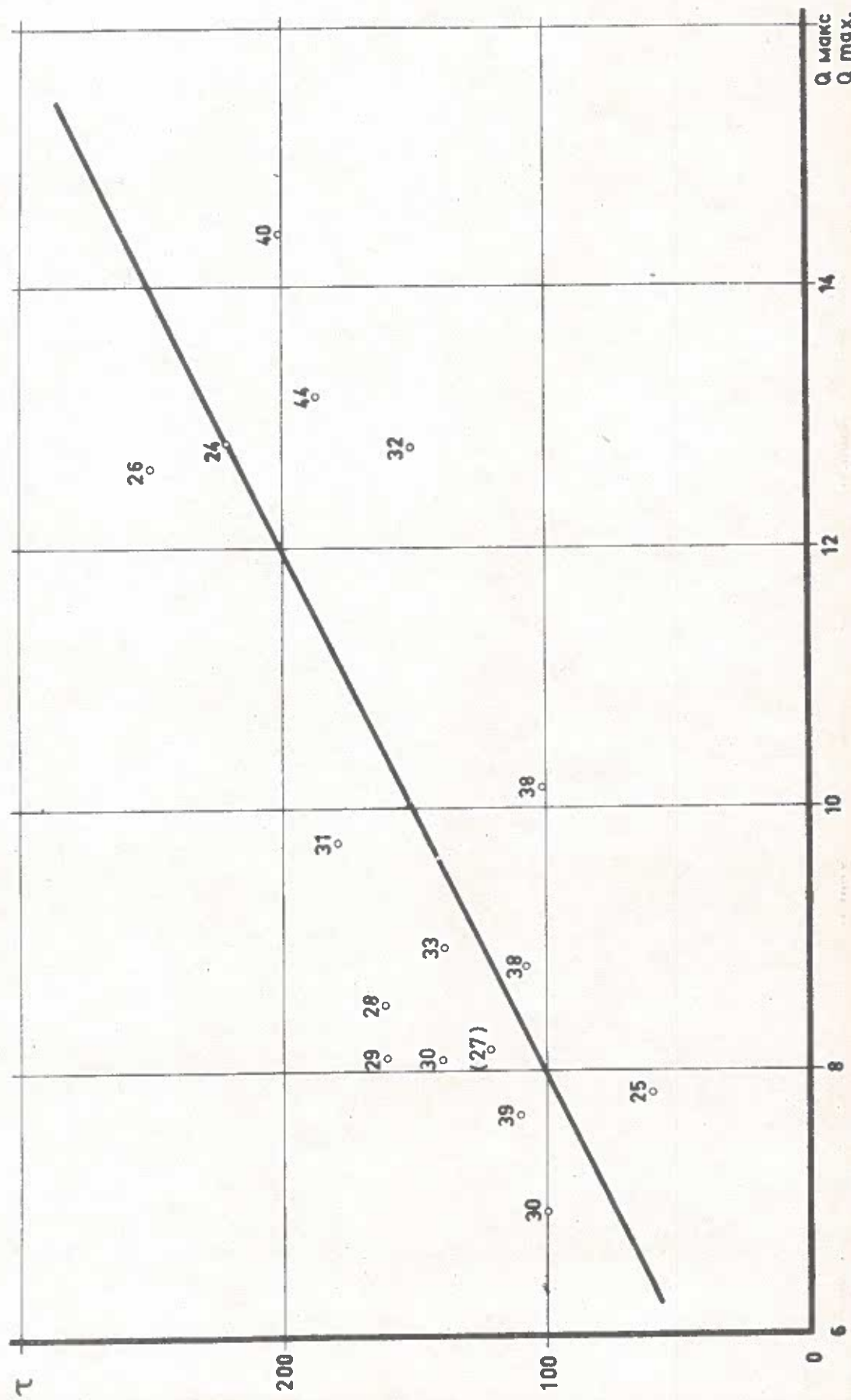


ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ВРЕМЕНИ ДОБЕГАНИЯ ОТ ИНТЕН-
СИВНОСТИ ПОДЪЕМ ПАВОДКА НА УЧАСТКЕ ОРШОВА-ОЛТЕНИЦА

RAPPORT ENTRE LA VARIABILITE DU TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT
ET L'INTENSITE DE LA CRUE SUR LE SECTEUR ORȘOVA-OLTENIȚA

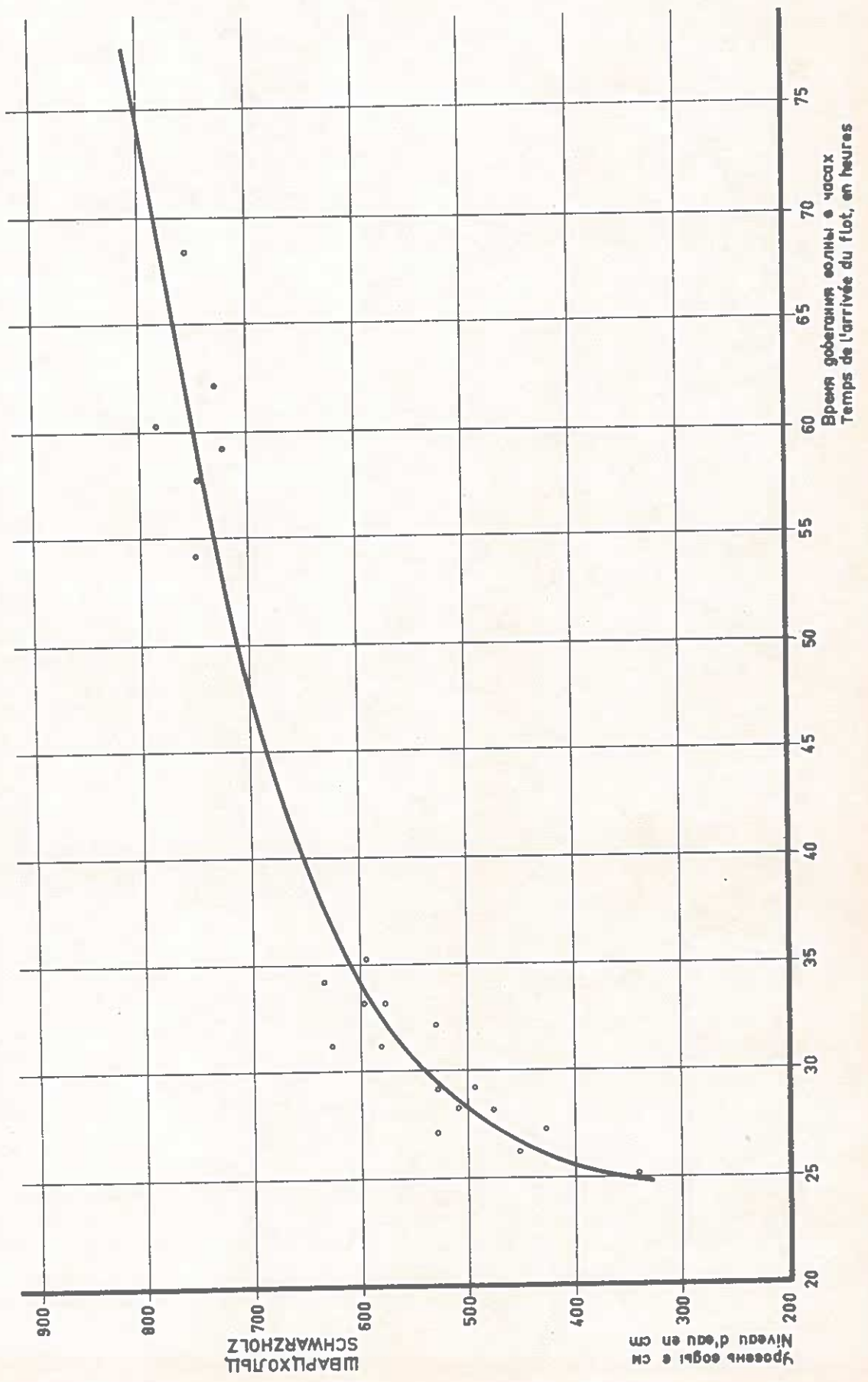


ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ ДОБЕГАНИЯ НА УЧАСТКЕ ОЛТЕНИЦА -
 БРАИЛА ОТ МАКСИМАЛЬНОГО РАСХОДА ВОДЫ У ОЛТЕНИЦЫ
 RAPPORT ENTRE LE TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT SUR LE SECTEUR
 OLTENIȚA - BRAILA ET LE DEBIT D'EAU MAXIMUM A OLTENIȚA



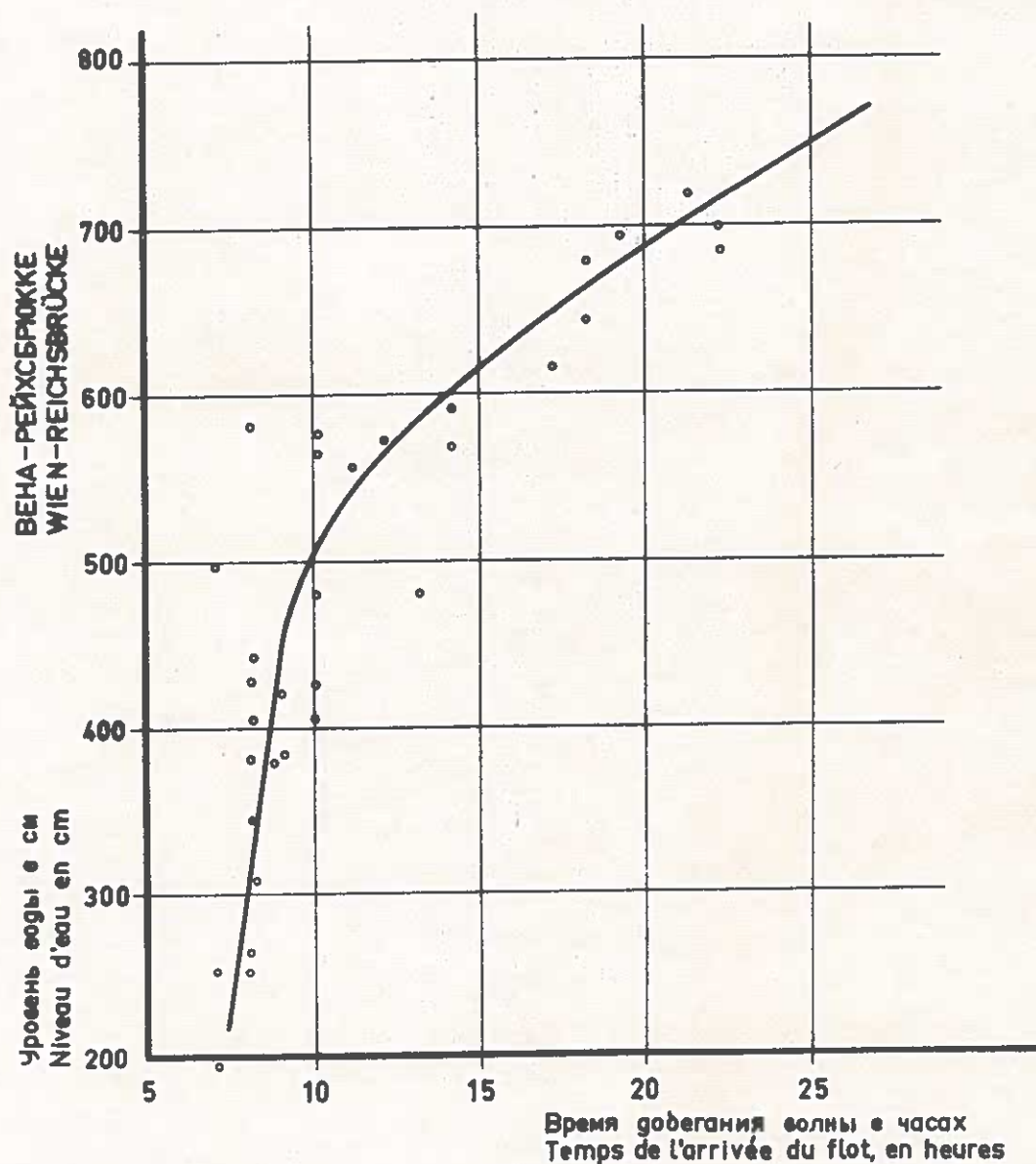
ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ ВОЛНЫ
TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT

ШВАРЦХОЛЦ - БРАТИСЛАВА
SCHWARZHOLZ - BRATISLAVA



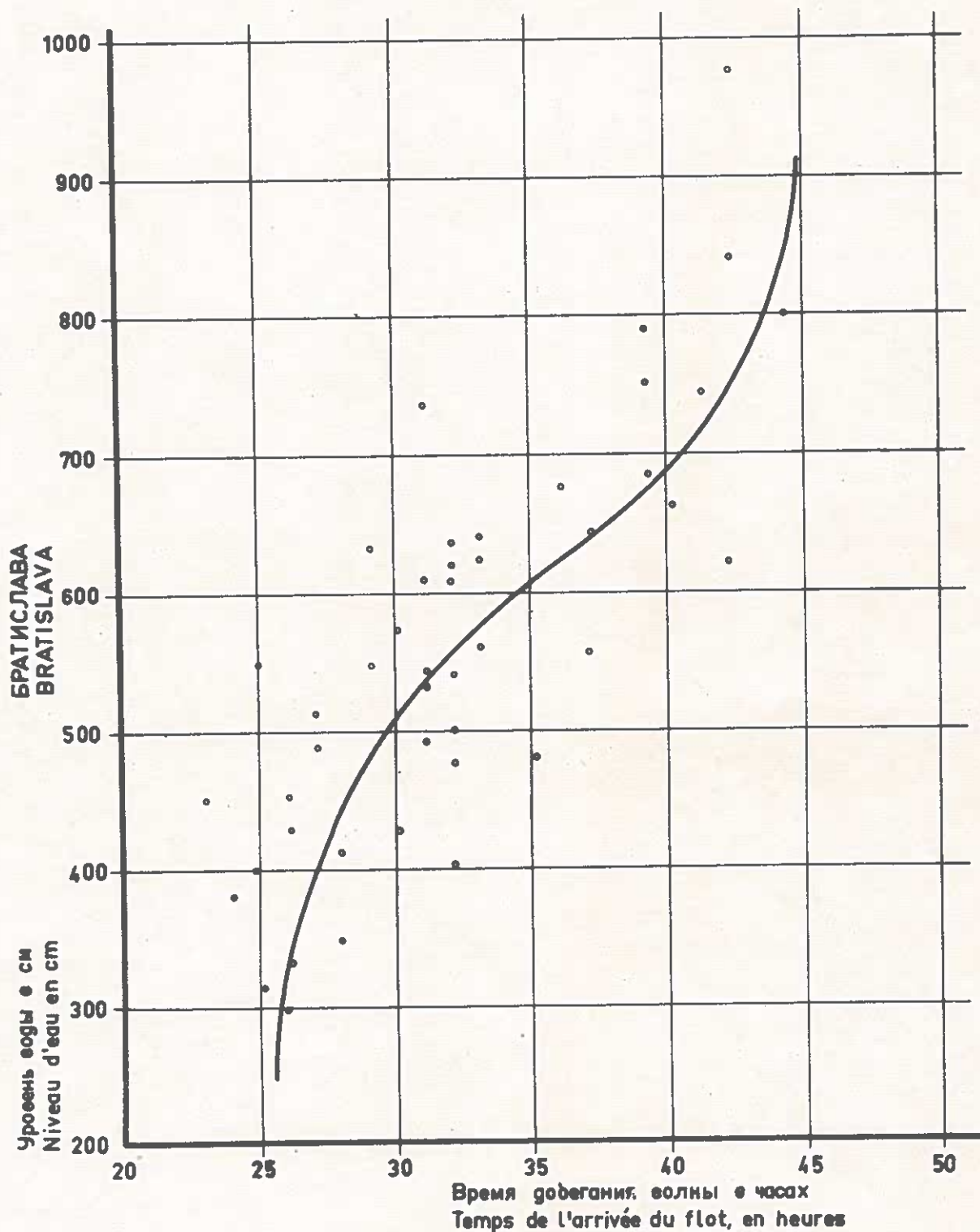
ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ ВОЛНЫ
TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT

ВЕНА - БРАТИСЛАВА
WIEN - BRATISLAVA



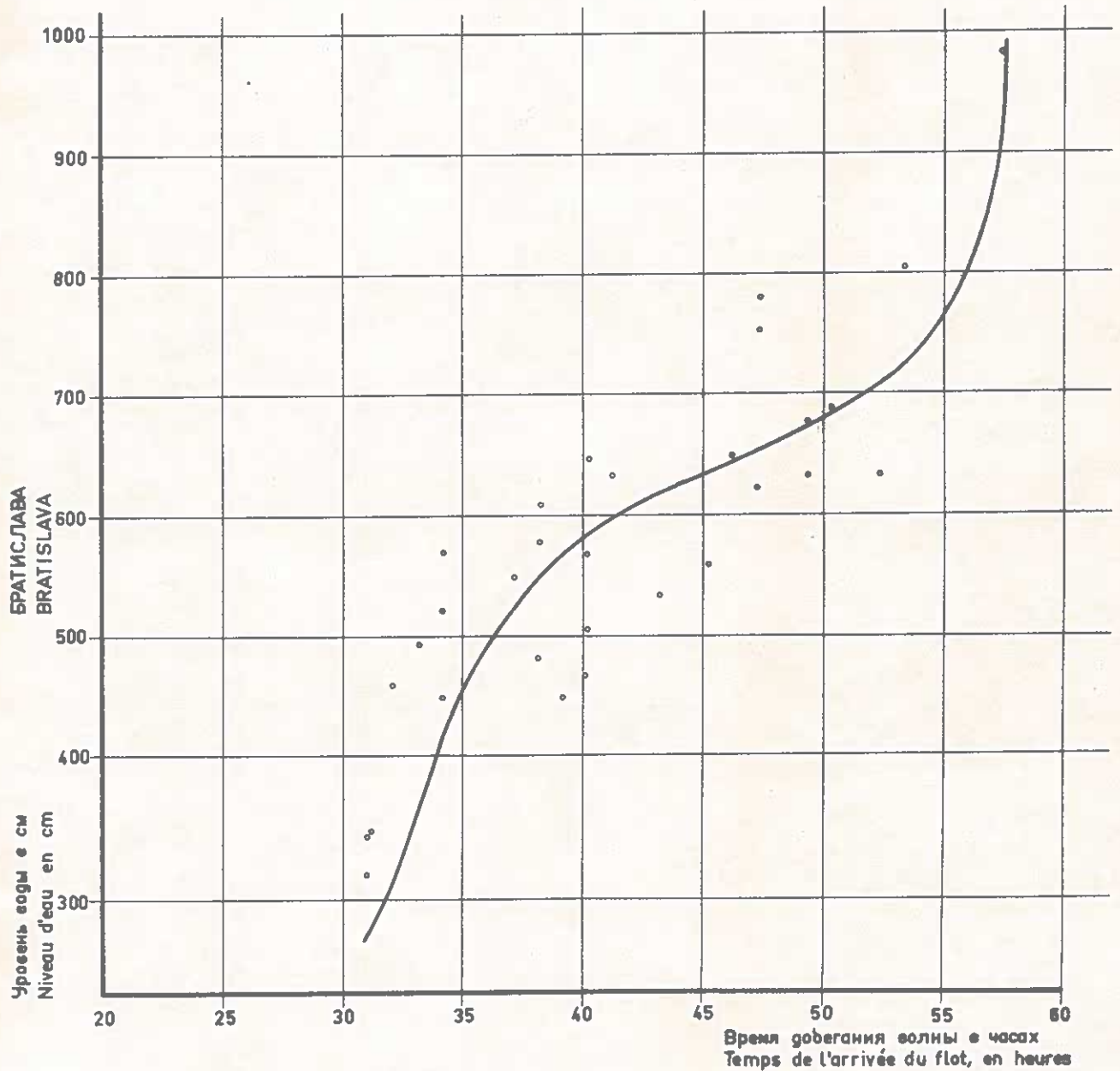
ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ ВОЛНЫ
TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT

БРАТИСЛАВА - КОМАРНО
BRATISLAVA - KOMARNO

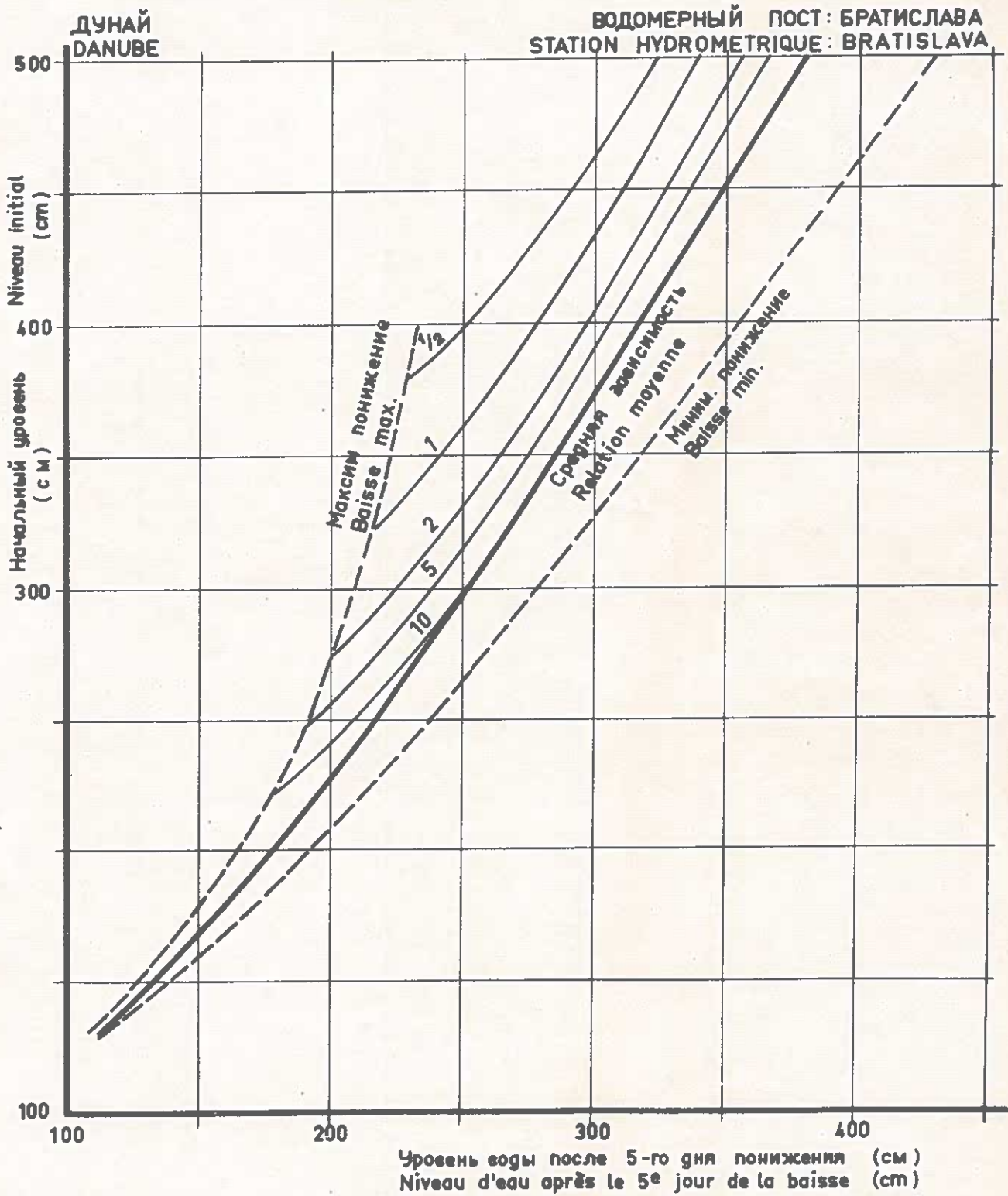


ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ ВОЛНЫ
TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT

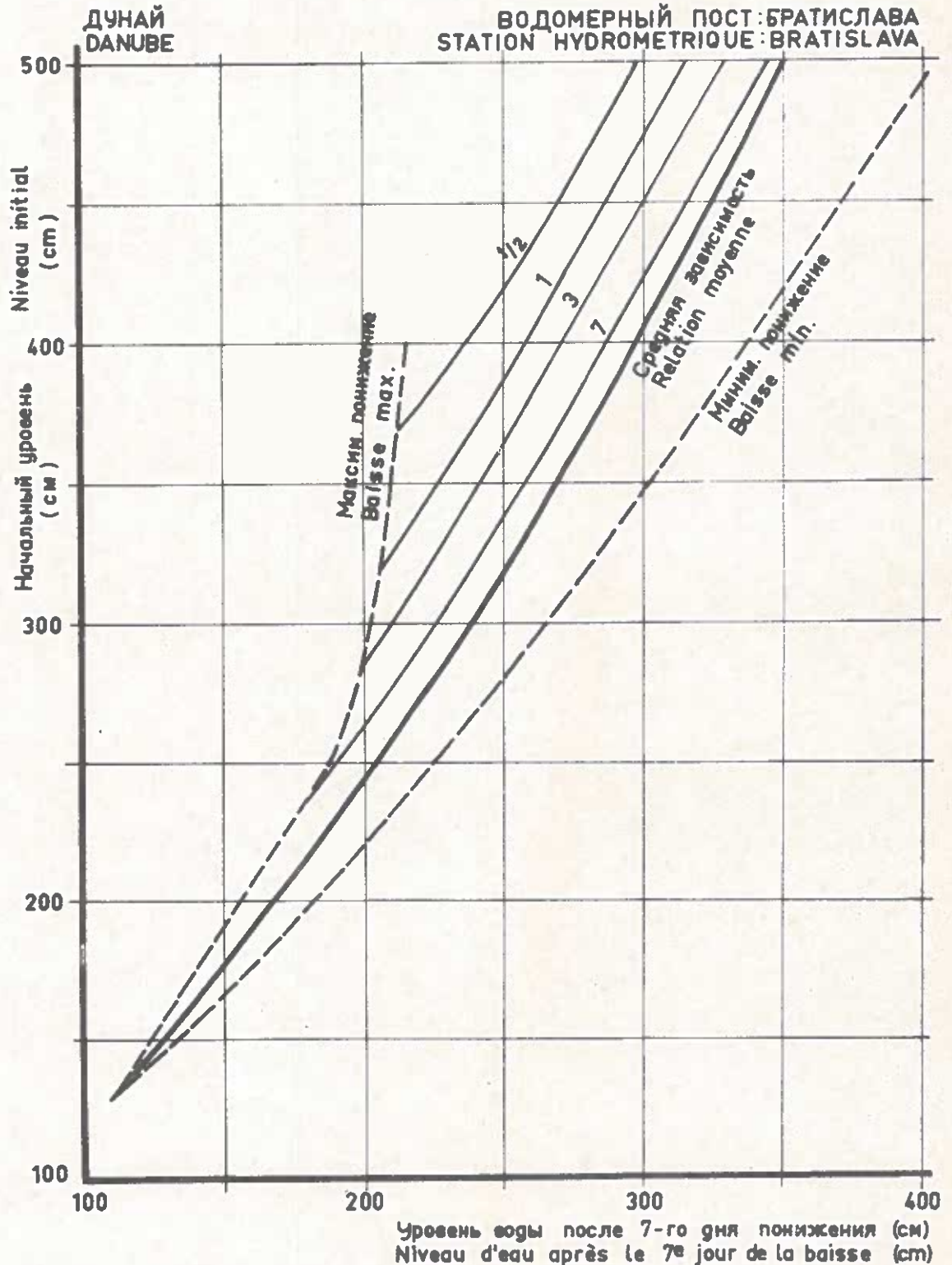
БРАТИСЛАВА - ШТУРОВО
BRATISLAVA - ŠTÚROVO



ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ВОДЫ
ПОСЛЕ ПЯТОГО ДНЯ ПОНИЖЕНИЯ
CHANGEMENT DU NIVEAU D'EAU
APRES LE CINQUIEME JOUR DE LA BAISSE

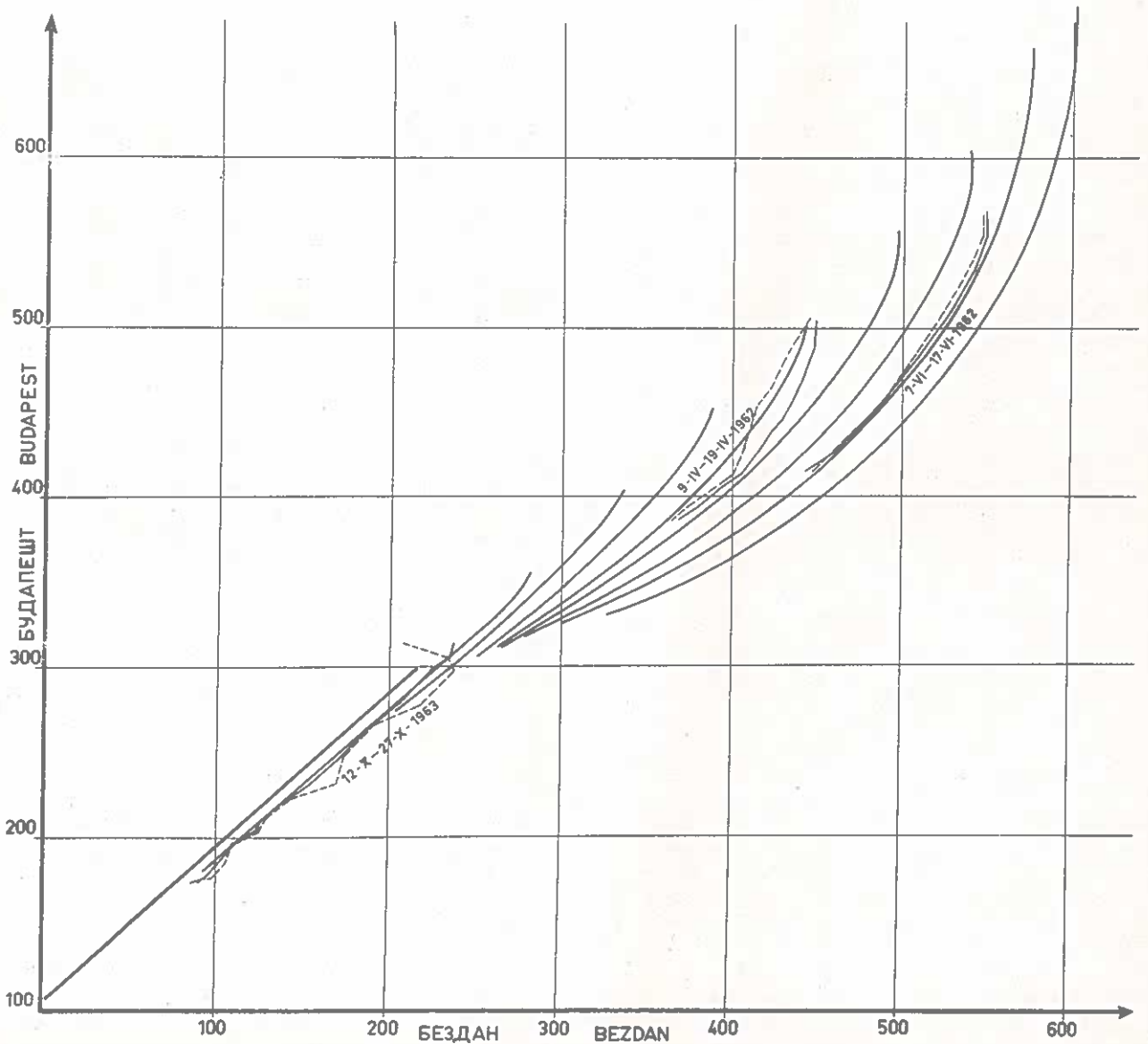


ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ВОДЫ
ПОСЛЕ СЕДЬМОГО ДНЯ ПониЖЕНИЯ
CHANGEMENT DU NIVEAU D'EAU
APRES LE SEPTIEME JOUR DE LA BAISSE



СООТВЕТСТВЕННОСТЬ УРОВНЕЙ ВОДЫ
БУДАПЕШТ - БЕЗДАН
В ПЕРИОД ПониЖЕНИЯ
(ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ ВОЛНЫ - 2 СУТОК)

CORRESPONDANCE DES NIVEAUX D'EAU
BUDAPEST - BEZDAN
EN PERIODE DE BAISSÉ DU NIVEAU
(TEMPS DE L'ARRIVÉE DU FLOT - 2 JOURS)



СООТВЕТСТВЕННОСТЬ УРОВНЕЙ ВОДЫ
БУДАПЕШТ - БЕЗДАН
В ПЕРИОД ПОДЪЕМА
(ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ ВОЛНЫ - 2 СУТОК)

CORRESPONDANCE DES NIVEAUX D'EAU
BUDAPEST - BEZDAN
EN PERIODE DE MONTEE DU NIVEAU
(TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT - 2 JOURS)

