

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ
О МЕТОДИКЕ СОСТАВЛЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ
НА ДУНАЕ**

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

ДУНАЙСКАЯ КОМИССИЯ

Будапешт — 1965

COMMISSION DU DANUBE

Budapest — 1965

СБОРНИК
ДОКЛАДОВ О МЕТОДИКЕ СОСТАВЛЕНИЯ
ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ НА ДУНАЕ

Дунайская Комиссия
Будапешт - 1965 г.

Сборник докладов "О методике составления гидрологических прогнозов на Дунае" издаётся в соответствии с Планом работы Дунайской Комиссии на 1964/65 гг. в виде предварительного издания.

Для составления Сборника послужили авторские материалы, полученные от компетентных гидрометеорологических организаций и институтов Болгарии, Венгрии, Румынии, Советского Союза, Чехословакии и Югославии.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

Методы составления гидрологических прогнозов на Дунае, применяемые в Народной Республике Болгарии	2
в Венгерской Народной Республике	7
в Румынской Народной Республике	21
в Союзе Советских Социалистических Республик	27
в Чехословацкой Социалистической Республике ..	46
в Социалистической Федеративной Республике Югославии.....	51

Приложения к тексту, представленному:

Венгерской Народной Республикой	№№ I - 7
Союзом Советских Социалистических Республик	№№ I - 9
Чехословацкой Социалистической Республикой	№№ I - 6
Социалистической Федеративной Республикой Югославии	№№ I - 2

МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ НА ДУНАЕ,
ПРИМЕНЯЕМЫЕ В БОЛГАРИИ

В целях речного судоходства наша страна регулярно каждый день дает прогноз об уровне реки Дуная с заблаговременностью 2 суток и периодически /через 10 дней/ выпускает прогноз, рассчитанный на 10 суток.

Во время паводков составляется прогноз притока вод вследствие обильных осадков на территории нашей страны, учитывая их отражение на повышение уровня реки Дуная. В течение зимнего сезона составляется прогноз ледовых явлений на реке Дунай. Вместе с гидрологическим прогнозом выпускается и метеорологический об осадках, ветре, температуре и тумане.

Прогноз об уровне Дуная с заблаговременностью 2 суток мы составляем по методу соответствия уровня у двух последовательных гидрометрических станций на реке, расстояние между которыми таково, что время добегания / τ / от одной до другой гидрометрической станции является равным или большим заблаговременности прогноза. Такой прогноз дается об уровнях Дуная у городов Лом, Русе и Силистра.

Прогноз об уровне с заблаговременностью до 10 суток составляется по методу изменений в расходе вод. Суть метода состоит в следующем:

На основании наблюдений за уровнем воды реки и ее притоков у находящихся выше гидрометрических станций устанавливаются изменения в расходах вод за истекшее до момента прогноза время, равное заблаговременности прогноза. Заблаговременность, со своей стороны, равна или является меньшей времени добегания с упомянутых гидрометрических станций до ключевой станции. Эти изменения умножаются на коэффициенты, которые выражают деформацию отточных волн при их движении в руслах рек до ключевой гидрометрической станции.

В отношении применения метода прогноза уровней воды на речном участке, схематично представленном на Рис. I, можно привести следующую формулу:

$$\begin{aligned}
 Q_{B, t+T_{AC}+T_{CB}}^{*} = & Q_{B, t} + K_{AC} \left(Q_{A, t-T_{A_1C}+T_{A_1C}} - Q_{A, t-T_{AC}} \right) + \\
 & + K_{A_1C} \left(Q_{A_1, t-T_{A_1C}} - Q_{A_1, t-T_{A_1C}} \right) + \\
 & + K_{A_2C} \left(Q_{A_2, t-T_{A_2C}} - Q_{A_2, t-T_{A_2C}} \right) + \\
 & + K_{A_3C} \left(Q_{A_3, t-T_{A_3C}+T_{A_1C}} - Q_{A_3, t-T_{A_3C}} \right) + \\
 & + \dots + \\
 & + K_{A_nC} \left(Q_{A_n, t-T_{A_nC}+T_{A_1C}} - Q_{A_n, t-T_{A_nC}} \right) + \\
 & + K_{CB} \left(Q_C, t-T_{CB} - Q_C, t-T_{CB} \right) + K_{AB} \left(Q_{A_ч, t-T_{A_чC}+T_{A_1B}} - \right. \\
 & \left. - Q_{A_ч, t-T_{A_чB}} \right) + \\
 & + \dots + \\
 & + \sum_{i=m}^{i=0} \left(Q_{iDC, t+T_m-T_i} - Q_{iDC, t-T_i} \right) + \sum_{i=n}^{i=0} \left(Q_{iDB, t+T_n-T_i} - \right. \\
 & \left. - Q_{iDB, t-T_i} \right)
 \end{aligned}$$

*) $T = \bar{T}$

в которой $Q_{B, t}, Q_{B, t+T_{AC}+T_{CB}}$ обозначают расходы воды у ключевого пункта В в момент t , когда составляется прогноз, и в момент $t+T_{AC}+T_{CB}$, о котором составляется прогноз; $Q_{A, t}, Q_{A, t+T_{AC}+T_{A_1C}}, Q_{A_1}, Q_{A_2}, \dots, Q_{A_n}$ - расходы воды у пунктов А, А₁, А₂ ... А ... А_ч на реке и ее притоках в моменты, соответственно обозначенные индексами $t, T, t+T, t-T; Q_{iDC, t}, Q_{iDB, t}, \dots$ - дополнительная приточность к пунктам С и В от осадков в дополнительной части водосборной области, распределенным между изохронами и которая наблюдается в соответствующие моменты $t+T_m-T_i, t+T_n-T_i, t-T$ /Отточные коэффициенты можно определить из предыдущих осадков и соответствующего оттока/; $T_{AC}, T_{A_1C}, \dots, T_{CB}$ - обозначают время добегания с пунктов А, А₁, А₂, ... до пункта С и с пункта С до пункта В; $K_{AC}, K_{A_1C}, \dots, K_{A_nC}, \dots, K_{CB}$ - коэффициенты, выражающие деформацию отточных волн на участках АС, А₁С, ... А_нС, ... А_чС. Эти коэффициенты можно установить экспериментально.

Уровень воды h у ключевого пункта В определяется как функция Q : $h = f(Q_B)$ /по кривой расходов/.

Время добегания с пункта А₁ до пункта В можно определить по формуле $\frac{Q_B - Q_A}{Q_{t+1}}$ при сравнительно равномерном убывании уровня.

Время добегания от дополнительной водосборной области до пунктов С и В можно определить из кривой отточной волны. На основании определенного таким образом времени добегания можно составить карту с изохронами.

С целью прогнозирования уровней вод реки Дуная у гор. Русе, исходя из наблюдений уровней реки у Будапешта и Панчево, ее притоков Дравы у Барча, Савы у Брода, Дрины у Зворника, Тиссы у Солнока, Хармаша Кереша у Кунсентмартона, Муреша у Савершина, Моравы у Варварина, учитывая также наблюдения за осадками, приведенную выше схематическую формулу можно написать в следующем конкретном виде

$$\begin{aligned}
 Q_{P,t+11} = & Q_{P,t} + K_{BP} (Q_B, t - Q_B, t-4) + K_{CP} (Q_C, t - Q_C, t-4) + \\
 & + K_{KP} (Q_K, t - Q_K, t-4) + K_{CA} (Q_A, t - Q_A, t-4) + \\
 & + K_{BP11} (Q_{B_p}, t - Q_{B_p}, t-4) + K_{3P} (Q_3, t - Q_3, t-4) + \\
 & + K_{B_nP} (Q_{B_n}, t - Q_{B_n}, t-5) + \sum_{i=4}^{i=0} (Q_{iAP}, t - T_4 - T_i - Q_{iAP}, t - T_i) \\
 & + K_{nR} (Q_n, t - Q_n, t-7) + K_{BR} (Q_B, t+1 - Q_B, t-10) + \\
 & + \sum_{i=7}^{i=0} (Q_{iAR}, t - T_7 - T_i - Q_{iAR}, t - T_i)
 \end{aligned}$$

$T = \tau$

где индексы Р, Б, П, С, З, В, приставленные к расходу воды / Q / и к коэффициенту К, являются начальными буквами наименования пунктов, у которых наблюдается уровень. Приставленные к ним индексы t, t+..., t-..., обозначают время, за которое протекают соответствующие количества вод. Цифрами "1", "4", "5", "7", "10", "11" обозначено время добегания, выраженное в сутках. Для

предвидения дополнительной приточности составлена карта с изо-хронами /данная в приложение/.

Из предвиденного таким образом расхода воды $/Q_{p,t+11} /$ составляется прогноз ожидаемого уровня $/h_{p,t+11} /$ как функция из

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

Сбываемость прогноза оценивается в сравнении с максимальной годовой амплитудой колебаний уровней воды и выражается в процентах.

Погрешность прогноза зависит главным образом от деформации отточных волн и от дополнительной приточности. Она варьирует в пределах от -3,5 до +3,5%.

Этот метод обеспечивает сравнительно хорошую сбываемость, однако он является значительно трудоемким. В связи с этим хорошо было бы подумать об его частичной механизации.

Прогнозирование гидрологических элементов реки Дуная следует, по нашему мнению, развивать в следующих направлениях:

- прогноз глубины водного потока на перекатах реки во время маловодий;
- прогноз больших волнений;
- прогноз ледовых явлений.

МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ВЕНГРИИ

Полным решением прогноза является прогноз изменения уровней /или расходов/ воды во времени, т.е. самого водного режима. При этом можно говорить о непрерывном прогнозе водного режима по всем его элементам и прогнозах по некоторым характерным величинам. Заблаговременность таких прогнозов по определенным событиям водного режима водотоков никогда не может превзойти несколькодневного периода /по крайней мере 1-2 недели/ добегания воды на поверхности и в русле.

1. Прогноз пика паводков

С практической точки зрения, в режиме водотоков вообще важнейшими событиями являются паводки. Предпосылкой безопасности нижележащих береговых и пойменных сооружений населенных пунктов является заблаговременный и точнейший прогноз пика паводков. Прогноз вообще должен распространиться на двое данных: на высоту пика и его наступления. В некоторых случаях необходимо дать прогноз и о форме гребня паводочной волны /о продолжительности пика/.

А. Прогноз высоты пика

Прогноз высоты пика можно вести по осадкам водосбора или по пикам, наблюдаемым на станциях вышележащего участка водотока. Пособиями для прогноза на дальние расстояния и на более продолжительный период времени являются зависимости с несколькими переменными, а пособиями для местных прогнозов относительно соседних водпостов и промежуточных участков русла являются связи соответствующих уровней на смежных водомерных постах, имеющих два переменных.

а/ Прогноз высоты пика пиками, наблюдаемыми на вышележащих участках.

Главнейшими пособиями для прогнозов являются связи между водомерными постами, выражающие связь между пиками, наблюдаемыми на последующих друг за другом водомерных постах.

В зависимости пиков N_1 и N_2 , наблюдаемых в вышележащем створе и ожидаемых в нижележащем створе,

$$N_2 = f / N_1, n_1, n_2 \dots n_i / \quad /1/$$

второстепенные переменные $n_1, n_2 \dots n_i$ можно выбрать по-разному. Преследуя цель простоты построения пособий и пользования ими в общем наиболее подходящими второстепенными переменными оказались уровни воды, характеризующие заполненность русла. Если в нужном количестве учитываются а, б, с уровни воды $h_a^{/1/}$, $h_b^{/1/}$, $h_c^{/1/}$ и т.д. на правильно выбранных водомерных постах, наблюдаемые одновременно с пиком вышележащих водомерных постов, тогда с помощью зависимости

$$N_2 = f / N_1, h_a^{/1/}, h_b^{/1/}, h_c^{/1/} \dots h_i^{/1/} \dots h_t^{/1/} / \quad /2/$$

можно получить прогноз достаточной точности^I.

Путем подобной характеристики заполненности русла, т.е. положения уровня воды можно учитывать все основные факторы формирования паводочных волн /прежние условия водного режима, интенсивность подъема уровня, расходы притоков, спад уровня воды вышележащих участков ... и т.д./ . На водотоках с большими и средними уклонами вообще достаточно учитывать уровни воды на водомерных постах а, б, с, расположенных на участке между верхними и нижними створами. У водотоков с небольшими уклонами и на участках перед впадением крупных притоков целесообразно принимать во внимание и данные по створу "а" за нижним постом, также и по створу "т" выше

^I Большими буквами /N/ обозначаются пиковые уровни воды, а маленькими буквами /h/ одновременные с ними подъем и спад уровня воды. Таким же образом обозначаются в дальнейшем расходы Q и q

притоков /i и j /, даже в отдельных случаях выше верхнего водопоста.

Можно говорить и о таком решении, при котором заполненность русла характеризуется с объемом $\sum S$ задержанных вод в водной системе. При суммировании объема воды, задержанной во время верхнего пика на участках I-a, a-b, b-c и т.д. получается единственная величина для характеристики заполненности русла:

$$\sum S = S_{1-a} + S_{a-b} + S_{b-c} + \dots \quad /3/$$

Преимуществом решения задачи на основании анализа зависимости

$$H_2 = f /H_1, \sum S/ \quad /4/$$

является уменьшение числа переменных. Однако существенным его недостатком является то обстоятельство, что один из главных факторов, характеризующих формирование пика - изменение заполненности русла по всей его протяженности - не учитывается.

Естественно, что связь между водомерными постами может быть истолкована и в другом виде. Например, с точки зрения прогнозов, может оказаться целесообразной и следующая зависимость:

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

где выражение $\Delta h_2 \approx H_2 - h_2^{/1/}$ представляет собой величину ожидаемого паводка в нижнем створе за период от наступления верхнего пика /от момента издания прогноза/ до наступления пика.

Открывается новая возможность для истолкования связей между водомерными постами и для их контроля по физическим граничным условиям путем перехода на данные расходов. Физическим граничным условием, например, для зависимости

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

можно назначать линию "p-p", характеризующую установившийся режим. При ее помощи непосредственно можно указать на уменьшение пикового

расхода $Q = Q_1 - Q_2$. В случае крупных притоков вместо расхода Q_1 будем иметь верхний пиковый расход и сумму расходов притоков при одинаковом времени добегания.

Целесообразными пособиями для местных прогнозов относительно водомерных постов, находящихся между основными станциями прогноза и на промежуточных участках русла, являются продольные профили, построенные на основании связей с двумя переменными между соседними водомерными постами. На этих продольных профилях целесообразно указать характерные высотные данные берегов, поймы и защитных дамб, далее и уровни воды, необходимые для отдачи указа на приготовление к борьбе с наводнением.

б/ Прогноз высоты пика по осадкам на водосборе.

Заблаговременность выдаваемых прогнозов для верхних станций водной системы является весьма ограниченной при составлении их по связям между водомерными постами. Однако имеется возможность для некоторого увеличения заблаговременности путем учета метеорологических явлений, т.е. выпадания дождей, снеготаяния, вызывающих паводки.

Например, для венгерского участка Дуная с помощью учета осадков можно было увеличить заблаговременность на 1,5-2 дня по сравнению с заблаговременностью, полученной по связям между водомерными постами.

Величину выпадающих осадков на большой водосборной площади можно определить по данным относительно немногих станций, потому что для больших площадей расчетными являются не интенсивные ливни, а скорее дожди, имеющие продолжительность несколько дней. Например, на водосборной площади Дуная выше Будапешта, составляющей округленно 180 тысяч км², оказалось достаточным учитывать данные 15-и измерительных станций. На средних водосборах осадки, выпадающие на различные по режиму стока участки, целесообразно учитывать с различным весом. Исходным данным для выбора отношения доля их участия служит пропорциональность среднемноголетнего стока на отдельных частных водосборах.

При построении пособий для прогнозов, составленных по осадкам, вместо верхнего пика H_T будем иметь показатель выпадения дождей C , под влиянием которых возникают паводки. Важнейшими второстепенными переменными связи и в этом случае являются уровни воды, характеризующие заполнение русла с применением в качестве дополнения показателя Z , выражающего влажность поверхностных слоев грунта /влияние предварительных дождей/ /рис. I./.

Величина Z в общем определяется по данным выпадающих осадков за несколько недель перед этим, а данные отдельных дней принимаются во внимание с постепенно нисходящим весом, идя обратно во времени. С помощью пособий, изображенных на рис. 3, можно дать прогнозы на летний период /от I-го мая до 31-го октября/, когда снеговой покров, т.е. снеготаяние существенно не влияет на образование паводка на данном водосборе.

Б. Прогноз времени добегания

Кроме высоты пика паводков нужно знать и ожидаемый срок появления пика, т.е. время добегания стока и его пробега по руслу. Скорость пробега паводков и в случае крупных водосборов в первую очередь, зависит от гидравлических факторов, влияющих на движение стока в русле. Однако о применении формул, выведенных теоретическим путем для волн, перемещающихся по мелким водам, и речи не может быть, потому что не учитывается задержание в русле. — одно из главных свойств прохождения паводка.

В случае длинных участков на крупных водосборах без значительных притоков время добегания в общем можно определить довольно точно в зависимости от высоты верхнего пика или нижних пиков, предсказанных прогнозом.

На реках с небольшим уклоном скорости движения, принадлежащие к соответственным уровням воды и времени добегания, могут колебаться в значительных пределах в зависимости от величины мгновенного уклона поверхности воды. На таких реках влияние подпора притоков или приемников сказывается на участке значительной протяженности. В подобных случаях вообще приходится установить за-

зависимости с несколькими переменными для прогноза времени добега-
ния.

Исходные данные для составления пособий вообще можно взять из кривых хода уровней воды на водомерных постах, участвующих в прогнозе. В случае неуравновешенного режима стока или при отдельных подробных исследованиях может оказаться целесообразным составление продольного профиля изменений уровней воды по единицам времени.

2. Непрерывный, ежедневный прогноз

В интересах судоходства и для других целей может возникать необходимость непрерывного, ежедневного прогноза водного режима. Прогнозы составляются согласно требуемой заблаговременности и гидрологическим данным на основании уровней воды, наблюдаемых на вышележащих участках водотока, или основании метеорологических данных, характеризующих водный режим водосбора.

А. Ежедневные прогнозы на основании уровней воды, наблюдаемых на вышележащих участках водотока.

Связь между уровнями, наблюдаемыми на водомерных постах, следующих друг за другом, может быть распространена на подъём и на спад уровня воды. Недостатком таких обобщенных связей между водомерными постами является то, что протяженность участка реки, влияющая на изменение соответственных уровней /или расходов/ воды и время добегания, может измениться в широких пределах. Встречаются такие положения по водному режиму, при которых ожидаемые на нижележащей станции уровни воды на следующий день /в единицах времени/ вовсе не характеризуются данными выбранной вышележащей станции. Для того, чтобы пособия были применимы непрерывно для самых разнообразных водных режимов, нуждаемся в данных нескольких других станций, кроме двух связываемых, далее в различных гидравлических данных. Тем самым пользование пособиями затрудняется или их точность и достигаемая заблаговременность ограничивается. Конечно, могут

возникать задания, в которых непрерывный прогноз можно решить и с помощью обобщенных связей между водомерными постами.

Если для некоторого длинного участка реки или для целой водной системы требуется создать единую службу, распространяющуюся на створы, тогда в целях непрерывного прогноза может стать целесообразным составление продольного профиля суточных изменений уровней или расходов воды.

а/ Продольный профиль изменения уровней по единицам времени.

Основная идея этого соображения показана на рис. 2. График уровней воды в створе "А" водотока, изображенного на верхней части рисунка, можно видеть на нижней части рисунка. Изменения уровней воды за показанное здесь 0-1, 1-2, 2-3 и 3-4 дневные периоды изображены на средней части рисунка согласно месту расположения створа, и построены продольные профили с использованием подобных величин, наблюдаемых в соседних створах. Здесь фронт паводка, проходящего вниз по реке, показан с отметкой "0" графика, а через I_1 обозначается перегиб повышающейся ветви, через T - положение перегиба пика и через I_2 - понижающейся ветви.

На рисунке показан идеальный случай, когда волна изменяющихся уровней продвигается с одинаковой скоростью в каждой ее точке без расплывания. Рассмотрим возможность прогноза в створе А в момент времени $t = 2$ дня. Имеется в нашем распоряжении продольный профиль изменений уровней, наблюдаемых за предыдущие дни /т.е. за период 0-1 и 1-2/, далее известен нам уровень воды $H_A^{2/}$. /Индексом обозначено место отсчета, а верхним числом в скобках дается момент времени/.

Скорость пробега $u = \text{const}$ в соответствии с идеализированным случаем можно получить с непосредственным отсчетом продвижения точки I_1 /или 0/ по продольному профилю изменения уровней, как путь, пройденный за период 0-1 и 1-2. Затем 1-дневный прогноз относительно створа "А" можно получить с отсчетом в створе F' , расположенном на расстоянии $u' = u$ от створа А по продольному профилю 1-2. При этом непосредственно можно убедиться в том, что в предположенном случае

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

т.е., что ожидаемое изменение уровня воды в створе А за последующие 24 часа дается изменением уровня воды, наблюдаемым за предыдущие 24 часа в створе F', находящемся на расстоянии, соответствующем времени добегания за I день.

По подобному соображению получается и 2-х дневный прогноз:

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

или

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

Развивая дальше соображения по формулам /7/ и /8/, получим общую схему прогноза для створа А в момент 2 по нижеследующему

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

или

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

Такое рассуждение по створу А и моменту 2, конечно, может быть отнесено к любому створу реки и может быть повторено по единицам времени.

Согласно изложенным соображениям можно дать непрерывный ежедневный прогноз для любого створа реки, подлежащего разработке. Заблаговременность прогнозов ограничивается расстоянием "х" между рассмотренным створом и верхней границей участка. При этом максимально достигаемая заблаговременность /T_{макс}/ получается по следующей зависимости

$$T_{\text{макс}} = \frac{x}{u} \quad /\text{день}/ \quad /12/$$

Точность прогнозов зависит от расхождений между идеальным случаем и действительностью, далее от того в какой мере можем согласовать в пособиях по прогнозу принципиальную схему с действительностью и в какой мере можем учитывать упомянутые расхождения.

б/ Изменения формы волн по изменению расходов.

На рис. 3 изображен продольный профиль изменения расходов реки Дуная на участке между водомерными постами Кремс и Мохач за период паводков в июле 1957 года.

Продольный профиль изменения расходов в последующем периоде можно составить по продольному профилю предыдущего периода только тогда, когда для нас известны зависимости, определяющие изменения формы волн и их продвижения.

Пособия, дающие уменьшение максимальных ординат волн за единицу времени, вообще просто могут быть составлены на основании соответствующих многочисленных данных /рис. 4/ опираясь на гидравлические зависимости, характеризующие распластывание пиковых расходов.

Однако значительно труднее составить пособия для определения ожидаемого продвижения волн.

Скорость пробега отдельных точек паводочных волн изменяется в весьма широких пределах в зависимости от гидравлических характеристик рассмотренного участка русла, от уровней воды, от мгновенного уклона поверхности воды, от условий водного режима предыдущего участка и от других факторов.

Для упрощения решения задачи сперва целесообразно анализировать по участкам и по уровням изменение скоростей движения воды, характерных для расчетных точек кривой хода уровней или продольных профилей. После этого скорость других точек волны может быть рассмотрена всегда по отношению к эквивалентной первоначальной скорости. Подобное решение показано на рис. 5. Здесь выбранная первоначальная скорость U_0 относится к продвижению пиковой точки.

Выбор первоначальной скорости и составления пособий, дающих относительные величины, можно выполнить, конечно, по-разному.

Основой для сравнения могут служить, например, и соответствующие средние скорости движения, изменение которых вдоль продольного профиля и по высоте легко установить с помощью измерения расходов воды /рис. 6/. Подобное решение является весьма выгодным для плузованного участка реки, так как влияние подпора на основные скорости определяется простыми гидравлическими расчетами.

с/ Разработка прогнозов

С помощью пособий, дающих распластывание или продвижение за единицу времени характерных точек волн по изменению расходов, можно выполнить непрерывную трансформацию волн и можно составить ежедневные прогнозы для любого створа участка реки, подлежащего разработке.

Трансформация волн производится путем определения ожидаемого смещения некоторых характерных точек. Если на участке реки, подлежащем разработке, последуют друг за другом несколько повышающихся и понижающихся участков, тогда в общем достаточно переместить только нулевые точки и максимальные ординаты /рис. 7/. При их отсутствии в качестве исходных данных можно выбрать ординаты, принадлежащие к расходам круглого значения.

Для составления продольных профилей по рис. 7 и для разработки прогнозов необходимо знать связь между уровнями и расходами всех водомерных постов и промежуточных створов на участке реки. Если для нас известна кривая расходов в нескольких расчетных створах водотока и на главных притоках, тогда вообще можно составить продольный профиль расходов с округленными значениями путем разработки линий установившейся поверхности воды и соответственных пиков. С помощью этого продольного профиля можно определить с достаточной точностью суточные изменения расходов и соответствующих им уровней воды для любого створа.

Для естественно или искусственно подпертых участков реки целесообразно составить продольный профиль модуля расхода $K=C\sqrt{j}$,

по которому непосредственно можно получить пропускаемый расход Q при значении величины K , принадлежащей к мгновенному уровню воды, величины бытового расхода Q_0 и мгновенного уклона j .

Если для непрерывной регистрации расходов по створам нет возможности, то прогноз можно составить и на основании продольного профиля ежедневного изменения уровней воды. При этом в прогнозе волн по изменению уровней воды нужно учитывать и влияние формы русла и поймы. Исходными данными для этого могут служить, например, линии соответственных уровней.

Разработку, конечно, можно выполнить и для единицы времени, отличающейся от 24-часового промежутка. Для водотоков горных районов с неуравновешенным водным режимом целесообразно принимать во внимание 12 или 16 часовые единицы времени при предположении, конечно, что мы получим информацию о соответственных уровнях воды с помощью телеграфирующих водомерных постов или по телефону. В случае рек с уравновешенным водным режимом однако достаточно принимать 2-х или 3-х дневные единицы времени.

Если речь идет о водной системе, имеющей несколько крупных водотоков, то продольные профили и пособия для перестановки волн придется составить для всех присоединяющихся водотоков отдельно. Прогноз для нижнего участка водной системы получается как сумма ординат волн изменения уровней, проведенных по отдельным водотокам.

Составление продольных профилей уровней или расходов воды может быть целесообразным и тогда, когда для анализа пособий, необходимых к проведению волн и численных зависимостей, нет возможности. Систематическое составление продольных профилей и непрерывное наблюдение за изменением волн сильно развивают рассуждающую способность прогнозирующего персонала. Между прочим, и пособия должны способствовать этому, а не наоборот.

II. Прогноз средних и предельных величин

I. Прогноз ожидаемых минимальных расходов на основании кривых понижения

В изменении водного режима различается два свойственных периода:

1. Во время значительных дождей и снеготаяний в водоприемник попадают весьма большие расходы за короткий период времени с поверхности водосбора - возникают паводки.
2. После поверхностного добегания вод по руслу рек проходят расходы воды различного происхождения из источников и утечек.

Первый период характеризуется с интенсивным и вообще значительным повышением уровня воды, затем относительно быстрым понижением. Второй период является периодом постепенного высыхания русловой системы, т.е. понижения уровней воды. Темп высыхания русла, т.е. кривая понижения зависит от мгновенной поверхности воды в русле и от количества запаса, полученного из подземных вод и от их изменения во времени. С учетом вышеуказанного можно дать прогноз понижения уровней или высыхания русла теоретически на период любой продолжительности или до момента высыхания водотока. Полученные таким образом кривые понижения, конечно, относятся к такому случаю, когда на водосборе не выпадают значительные дожди и не возникают талые воды за этот период времени, т.е. действительно наступает постепенное уменьшение запасов воды, имеющих-ся во время выпуска прогноза.

Определение водных запасов, накопленных в руслах и в подземных слоях грунта, т.е. анализ кривых понижения, характеризующих отдельные состояния водного режима, можно производить по-разному согласно практическим целям и физико-географическим условиям водосбора. Наиболее простым решением является определение данных, характерных для ожидаемого наиболее быстрого понижения уровней,

т.е. построение нижней огибающей для кривых понижения, полученных при различном водном режиме.

2. Оценка прогноза уровня воды

При оценке точности прогнозов в общем преследуется цель определения расхождения предсказанного уровня для данного створа водотока или участка реки от наблюдаемого уровня, далее, что величиной расхождения в какой мере удовлетворяются требования. Эти требования изменяются по водотокам из-за различия в гидрологических режимах и в других факторах, определяющих водный режим.

Контроль надежности прогнозов по уровням на венгерском участке Дуная можно выполнить и графическим путем. Надежность прогноза на пособия связывается с абсолютной величиной ошибки и с относительной ошибкой, выраженной в зависимости от изменения уровня. При знании этих двух данных легко можно определить качество прогноза: очень хороший, хороший и средний.

III. Вопросы развития службы по прогнозу в Венгрии

В Венгрии гидрографическая служба под центральным руководством началась в 1886 году. Одной из важнейших ее задач являлся прогноз паводков. В первые десятилетия гидрографическая служба с большим успехом работала под руководством Йозефа Печ. Эта служба занимала первое место и в мировом масштабе не только с точки зрения времени ее создания; деятельность Йозефа Печ, Эдэна Богданфи, Шамуел Хайош и других заслужила признание во всем мире венгерским гидрографическим работам.

В 1952 году, когда был создан Научно-исследовательский институт водного хозяйства, в указе о создании исследовательского Института одной из важнейших задач было намечено развитие службы по прогнозу и составление пособий для прогнозов паводков и т.д.

Основные данные о пособиях по разработанному прогнозу для Дуная приведены в таблице II.

Для всего венгерского участка Дуная составлены пособия по непрерывному ежедневному прогнозу, с помощью которых можно дать прогноз для участка выше Комарома I - 2-дневный, для участка между Комаром - Дунафёльдваром I-3-дневный, для участка ниже Дунафёльдвара I-4-дневный /подробнее смотри пункты I/3/. Позапрошлый год были составлены пособия для расчетных уровней воды в створе Оршова на Дунае для ориентировки судоходства через Железные Ворота.

Река и верхний пост., с которого дается прогноз	Забл. вр. мен-ность в днях	Сред. ош. в см.	Забл. вр. в днях	Ср. ош. в см	Забл. вр. в днях	Ср. ош. в см	Забл. вр. в днях	Ср. ош. в см	Забл. вр. в днях	Ср. ош. в см		
											для нижнего поста	
Д у н а й	Братислава	Комаром	Будапешт	Дуна-фёльдвар	Мохач							
Из осадков	3,5	30	-	-	6,0	32	-	-	9,5	35		
Энгельхартсцелль	2,2	24	3,7	36	4,8	37	-	-	8,3	39		
Кремс	1,5	17	3,2	32	4,2	26	5,5	30	7,2	26		
Братислава	-	-	1,8	14	3,0	15	3,9	20	5,9	17		
Комаром	-	-	-	-	1,2	7	2,1	14	4,3	16		
Будапешт	-	-	-	-	-	-	1,1	9	3,2	12		

МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ
НА ДУНАЕ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РУМЫНИИ

I. Вид прогнозов

В Румынской Народной Республике прогнозы уровней воды Дуная на участке Базиаш-Сулина публикуются в Гидрометеорологическом Бюллетене для Дуная, издаваемом Управлением гражданского судоходства. Прогнозы составляются на три разных срока: 2 дня, 10 дней и 30 дней.

2. Основные элементы

Принятые или изучаемые в РНР методы оценки прогнозов для нужд судоходства на Дунае зависят от периода, на который они составляются. Это такой элемент, который, вследствие его обширного характера нуждается в учете возрастающего количества гидрологических и метеорологических факторов, зарегистрированных качественно /или же их прогнозов/, в случае более длительного периода. Что касается прогнозов на два дня, то условия стока воды, в частности на большей части участка Базиаш-Сулина /сравнительно небольшие колебания формы поперечного профиля и скорости течения; притоки, сток которых незначителен по сравнению со стоком Дуная; небольшой гидравлический уклон и т.п./ позволили осуществить принятие оперативного метода, основанного на согласованной передаче уровней, зарегистрированных на водомерных постах, расположенных на реке.

Независимо от этого метода, в Управлении гражданского судоходства испытываются прогнозы уровней на основе суммирования и передачи расходов воды. Для этой цели используются лимниметрические ключи всех водомерных постов РНР, расположенных на Дунае от г. Базиаш до Тульча. Для участков, прилегающих к каждому водомерному посту, взаимосвязь между средними скоростями и расходами определяется на основе измерений или же она выводится из кривой

добегания волн или из отметок уровней воды на данном водомерном посту.

На основе этого метода прогноз уровней получается из передачи расходов, определенных непосредственно или путем интерполяции при помощи уровней, зарегистрированных на водомерных постах. Сток притоков принимается во внимание путем суммирования расходов на участках их устьев. Поскольку имеются полные данные для лимниметрических ключей и для кривых колебаний скоростей течения на всем протяжении реки выше Базиаш, этот метод сможет использоваться и сможет дать результаты в прогнозах уровней Дуная в РНР на период, равный 10 дням. В таком случае ясно, что передача и толкование прогнозов погоды на длительный период /10-30 дней/ также как и данные о декадных осадках в бассейне среднего и верхнего Дуная, приобретут все возрастающее значение.

В связи с разработкой прогнозов на 30 дней, необходимо учитывать не менее двух основных факторов:

- период, предшествующий прогнозу, в год когда по наблюдениям гидрологический режим был наиболее близким к данному году, особенно к сопоставляемому периоду;

- метеорологический прогноз на период, равный 30 дням, который будет проанализирован с полными данными /осадки, температуры, ветры и т.п./ в бассейне среднего и верхнего Дуная.

х х х

Из основных элементов, служащих основой для указанных методов прогнозов, следует упомянуть следующие:

- лимниметрические ключи для водомерных постов, расположенных на всем протяжении Дуная и на его главных притоках;

- кривые водных масс, зарегистрированных водомерными постами;

- кривые колебаний средних скоростей течения на участках в зависимости от зарегистрированных уровней;
- кривые добегания волн в 24 и в 48 часов в зависимости от зарегистрированных уровней для участков выше водомерных постов участка, для которого составляется прогноз;
- взаимосвязь между уровнями, зарегистрированными на водомерных постах данного участка.

3. Взаимосвязи, используемые при составлении прогнозов

Указанные основные элементы разрабатываются в настоящее время; отдельные взаимосвязи, нуждающиеся в проверке, будут окончательно установлены в ближайшем будущем на основе данных по участку выше Базиаш. Сейчас же, как закончатся разработка и сопоставление всех основных элементов, необходимых для составления краткосрочного прогноза, основанного на передаче расходов румынского участка Дуная, результаты, полученные этим методом будут сравниваться с результатами оперативного метода, применяемого в настоящее время Управлением Гражданского Судостроения.

Коррекция и постоянное улучшение основных элементов будут проводиться путем систематического наблюдения за своевременным осуществлением разработанных прогнозов. Затруднением в настоящее время является отсутствие полных данных, особенно метеорологических прогнозов и прогнозов расходов для участка выше Базиаш.

Из вышеизложенного вытекает, что графические взаимосвязи и уравнения, применяемые при составлении прогнозов для судостроения специализированными органами Управления Гражданского Судостроения, не имеют пока окончательного характера. Следовательно, не является целесообразным делать в настоящее время подробный анализ этих элементов.

По нашему мнению, обмен информацией об основных данных на экспериментальной фазе является весьма полезным и смог бы содействовать улучшению составления прогнозов.

В связи со сроками и точностью прогнозов, составленных и опубликованных специализированными органами Управления Гражданского Судоходства для нужд судоходства, анализы, сделанные для определенного периода, дали следующие результаты:

- прогнозы уровней на два дня /краткосрочные/ осуществляются с ошибкой ± 5 см;

- прогнозы на 10 и на 30 дней осуществляются с ошибкой не больше ± 40 см.

В долгосрочных прогнозах бывают случаи, когда ошибка больше указанной.

4. Сроки и точность прогнозов

Осуществление прогнозов уровней на период 10 или 30 дней обуславливается, как уже указано, многочисленными гидрологическими и метеорологическими факторами, особенно для бассейна среднего и верхнего Дуная. Вид регистрации их и передачи прогноза не совсем соответствуют в настоящее время. Было установлено, что даже результаты, зарегистрированные при разработке долгосрочного прогноза, являются полезными для судоходства, ввиду того, что таким образом обеспечивается правильная и вообще точная информация о последствиях явлений, связанных с подъемом или понижением.

5. Методы оценки прогнозов

Из вышеизложенного следует, что в настоящее время специализированные органы Управления Гражданского Судоходства разрабатывают прогнозы уровней для судоходства оперативными методами, основанными на статистических элементах /наблюдения за длительный период/ и на метеорологических прогнозах соотносительно с коэффициентом добега волн /подъема или понижения/ на разных участках реки, сравнивая гидрологический режим периода, на который составляются прогнозы, с предыдущими, проанализированными периодами.

6. Соображения и предложения

Метод в настоящее время улучшается расширением и углублением синоптических наблюдений и анализов нескольких существенных факторов /расходы, скорости и т.п./, как это было указано в пункте 3.

Для того, чтобы работа специализированных органов, занимающихся изучением и разработкой прогнозов уровней Дуная для нужд судоходства, могла давать улучшенные результаты, по нашему мнению, было бы весьма полезным обсуждать на совещании экспертов /согласно Плану работы Дунайской Комиссии на 1964 г./ полученные доклады о методах составления гидрологических прогнозов на Дунае.

На том же совещании делегации могли бы иметь обмен информацией об основных данных, необходимых для разработки гидрологических прогнозов для Дуная и его главных притоков.

На первом этапе обмен информацией мог бы охватить обсужденные и согласованные на этом совещании материалы. Для этой цели мы считаем весьма целесообразным представить определенную документацию, касающуюся:

- лимниметрических ключей для гидрологических станций, расположенных на Дунае и на его главных притоках;
- кривых колебаний средней скорости по участкам для Дуная и его главных притоков;
- корреляций /взаимосвязи/ между уровнями, зарегистрированными на соседних гидрометрических постах;

- других основных материалов гидрологических прогнозов /коэффициент стока по бассейнам, единые гидрографы и т.п./,

Размножение и рассылка материалов, обсужденных и согласованных на этом совещании производится, как всегда, аппаратом Дунайской Комиссии.

МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ

ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ НА ДУНАЕ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ

В настоящем обзоре изложены основные методы прогнозов уровня воды р. Дунай, применяемые в Советском Союзе.

Эти методы можно разбить на три группы, каждая из которых основана на учете следующих факторов:

1. запасы воды в речной сети;
2. связь между расходами /или уровнями/ воды без учета трансформации паводочной волны на участке реки;
3. трансформация паводочной волны.

Ниже изложены методы каждой из перечисленных групп отдельно.

1. Учет запасов воды в речной сети

Применение этого метода позволяет по известному количеству воды в речной сети судить о том объеме, который стечет через замыкающий створ реки за определенное время.

Ошибки прогноза, составляемого по этому методу, будут зависеть от доли притекающей в русловую сеть воды за период заблаговременности. Причем, чем больше изменчивость величины, тем больше ошибка прогноза. Точность прогноза будет в конечном счете определяться для данного района размерами бассейна и его строением /уклонами, развитием гидрографической сети и заблаговременностью прогнозов/.

Метод прогноза, основанный на учете запасов воды в русловой сети для Дуная, был разработан еще в 1956 году и опубликован в двух изданиях:

1. Труды Центрального института прогнозов, вып. 59, 1957 г.;
2. Vodohospodarsky časopis 1957 No4

Поэтому в настоящей работе лишь коротко изложены основы метода, а главное внимание уделено результатам его использования и уточнениям, внесенным в него за последнее время.

Объем воды на участке наиболее просто определяется по соотношению:

$$W = \tau Q_{\text{ср}} \quad /1/$$

где τ - время добегания воды на участке, $Q_{\text{ср}}$ - средний расход воды на этом же участке.

Для бассейна Дуная в качестве основных расчетных створов были выбраны Будапешт, Мохач и Оршова.

Для расчета времени добегания была построена карта добега- ния руслового стока для бассейна Дуная до Оршovy.

По формуле Рыбкина

$$V_{\text{ср}} = 3,1 \bar{Q}_{\text{ср}}^{0,21} K^{0,37} y^{0,31} \quad /2/$$

определялись скорости течения воды для притоков Дуная и для само- го Дуная до Вены. Для Дуная ниже Вены эту формулу применять не представилось возможным, поскольку он течет в обвалованном русле и теряет черты своего естественного режима. Поэтому для самого русла Дуная ниже Вены скорость добегания определялась по методу соответственных уровней.

В результате была построена приближенная карта изохрон добе- гания руслового стока. Карта эта приведена в упомянутых выше из- даниях.

Для определения объемов воды в русловой сети по уравнению /1/ была составлена табл. I. Запасы воды в речной сети будут рав- ны сумме величин, стоящих в последней графе табл. I.

Были построены зависимости заблаговременностью от 10 до 35 дней. Заблаговременность 35 дней означает, что прогноз составляется 25 числа на последующий месяц.

В табл. 2 приводятся коэффициенты, на которые необходимо умножать значения расходов воды, чтобы получить величину объемов воды в русловой системе на дату составления прогнозов.

С 1957 года по этим зависимостям начали составляться опытные прогнозы, в результате этого оказалось, что зависимости для прогноза стока Дуная у Оршова по данным на последний день месяца имеют устойчивую обеспеченность, а на 25 число несколько ниже полученных первоначально. Обеспеченность зависимостей для прогноза стока Дуная у Мохача также несколько снизилась. Использование этих зависимостей позволило пополнить их дополнительными данными за 5 лет.

С 1958 года в Институт начали поступать гидрологические ежегодники придунайских стран, и каждая зависимость пополнилась данными еще за 10 лет, т.е. общее число лет, вошедших в проработку, увеличилось до 27 /рис. I-а, б/. Методика определения русловых запасов осталась, естественно, прежней.

В табл. 3 приводятся основные статистические характеристики для всех зависимостей. То обстоятельство, что зависимости на 25 число предшествующего месяца значительно хуже чем зависимости на последний день месяца, потребовало искать путей либо повышения точности зависимостей на 25 число, либо использовать каким-либо путем зависимости на последнее число каждого месяца для выпуска прогноза 25 числа.

Практика составления прогнозов по бассейну Дуная за последние годы показала полную возможность составления прогнозов с использованием только зависимостей на последний день месяца при дате составления прогнозов 25 числа.

Для этого необходимо оценить предстоящее изменение уровней /а следовательно, и расходов воды за 5 последних дней месяца/. Для нижних участков крупных рек эта оценка производится довольно просто. Для Дуная у Оршовы имеются достаточно точные зависимости для прогноза среднего расхода на последующие 5, 10 и 15 дней.

Для нижних участков других крупных рек /Сава-Митровицы, Тисса - Сегед/ метод прогноза дает несколько худшие результаты, однако и здесь точность этих оценок вполне достаточна.

Для более мелких рек удается лишь примерно оценить ход уровня за последующие 5 дней, но и роль их в определении русловых запасов значительно меньше.

За 1960 и 1961 гг. оправдываемость месячных прогнозов средних расходов у Оршовы характеризуется следующими величинами ошибок.

Таблица 4

Ошибки в сантиметрах

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Ср.
Завис. 1960	24	10	16	0	21	43	15	29	0	18		
Прогноз	61	57	18	42	19	46	31	42	81	44		-26
Завис. 1961	67	6	59	27	47	50	70	0	0	36		
Прогноз	61	31	71	20	64	15	78	23	8	41		-5

Как это видно из табл. 4, ошибки прогноза при приближенной оценке значений русловых запасов больше, чем если бы мы выпускали прогноз в последний день месяца.

Наиболее благоприятным для выпуска прогноза будет случай, когда над территорией всего бассейна находится устойчивый антициклон и на всех реках происходит спад.

В этом случае экстраполяция значений уровней /расходов/ воды на последующие 5 дней не представляет больших затруднений.

Значительно хуже обстоит дело, когда в бассейне наблюдается неустойчивая погода, предстоящий характер осадков неясен и, следовательно, величина объема воды может существенно отличаться от того объема, который мог бы быть определен по данным на последний день месяца.

В дальнейшем целесообразно, естественно, объективизировать эту экстраполяцию.

Пути такой экстраполяции могут быть разными.

Первый путь - использование данных о выпавших осадках и их тенденции на дальнейший период. Однако этот путь наиболее сложен, и, по-видимому, наименее надежен.

Второй путь использования данных о стоке малых рек значительно более объективный, но при этом теряется некоторая доля заблаговременности.

Третий путь - разработка более объективного метода прогноза стока на 5 дней по тенденции для участков рек со значительной водностью.

По-видимому, при разработке такой методики придется использовать в той или иной мере все три подхода к решению задачи. Для больших рек - преимущественно 2-3 путь, а для малых - первый.

В практике службы гидрологических прогнозов нашли также применение зависимости наивысших и наименьших уровней от запасов воды в русловой сети, но они построены на тех же принципах, и нет смысла останавливаться на них специально.

2. Построение связей между расходами /или уровнями воды/ на участке реки без учета трансформации паводочной волны

Район Железных Ворот на Дунае является наиболее лимитирующим судоходство. Наличие малых глубин в этом районе при низких уровнях предъявляет особенно большие требования к прогнозам наименьших уровней воды.

С принципиальной точки зрения разработка таких методов не представляет затруднений. Способ наименьших квадратов позволяет вывести достаточно объективно уравнения для расчета интересующего нас элемента. Однако объем вычислений при этом становится очень большим из-за необходимости учитывать сток большого числа рек.

Кроме того, увеличение объема расчетов здесь будет также за счет обработки материала наблюдений для приведения их к однородному виду.

Все это требовало либо восстанавливать материалы по стоку за большой период времени /при 10 неизвестных, по крайней мере 400-500 случаев/, либо отказаться от использования расходов воды и использовать лишь данные об уровнях воды.

При этом как в том, так и в другом случае необходимо было бы проанализировать изменчивость русла за весь расчетный период; в противном случае в расчет вводились бы неоднородные данные. При разработке метода был избран другой способ. В качестве исходных данных были приняты данные постов, находящихся примерно на расстоянии 5 суток добегания от Оршовы.

Таковыми постами являются:

Дунай-Мохач,
Сава-Ср.Митровица,
Тисса-Сегед.

По всем этим постам имеются надежные данные о стоке за достаточно длительный период времени.

Естественно, что в этом случае точность прогноза декадных наимизших уровней будет ниже.

Для повышения точности все случаи были разбиты на 4 группы.

1-я группа. На всех трех постах наблюдается подъем и в ближайшие 5 дней не ожидается спада или, если в ближайшие 5 дней на всех постах начнется устойчивый подъем, независимо от состояния на постах к моменту составления прогноза.

2-я группа. Те же условия соблюдаются на 2-х любых постах, а на третьем наблюдается спад и в ближайшие 5 дней не ожидается подъема или, если в ближайшие 5 дней на этом последнем посту наступит устойчивый спад независимо от состояния на нем к моменту составления прогноза.

3-я группа. То же, что и во второй группе, но на одном посту подъем, а на остальных двух - спад, с теми же оговорками.

4-я группа. На всех трех постах спад с теми же оговорками.

В последующих таблицах и графиках после номера группы для простоты указаны следующие обозначения:

1 гр. +++; 2 гр. ++-; 3 гр. +--; и 4 гр. ---.

Для расчета был принят период с 31 мая по 31 октября за 1923 - 1960 гг., всего 1098 случаев.

Расчеты велись по скользящим декадам через каждые 5 дней.

По перечисленным выше группам эти случаи распределяются следующим образом:

Таблица 5

Группа	!	Число случаев
I + + +		93
II + + -		216
III + - -		332
IV - - -		457

Вид уравнения был принят общим для всех четырех групп

$$x_0 Q_{\text{мох}} + x_1 Q_{\text{мит}} + x_2 Q_{\text{сзэг}} + x_3 Q_{\text{орш}} = Q_{\text{орш}}^{\text{прог}}$$

В этом уравнении:

- $Q_{\text{мох}}$ - расходы воды Дуная у Мохача,
- $Q_{\text{мит}}$ - " - " - Савы у Митровицы,
- $Q_{\text{сзэг}}$ - " - " - Тиссы у Сегеда,
- $Q_{\text{орш}}$ - " - " - Дуная у Оршовы.

Эти данные принимаются на момент составления прогноза, т.е. на 5, 10, 15, 20 числа каждого месяца и на последний день месяца.

$Q_{\text{орш}}^{\text{мин}}$ - минимальный расход воды Дуная у Оршовы за последующую декаду; $X_0; X_1; X_2; X_3; X_4$ - коэффициенты, подлежащие определению.

Для каждой группы эти коэффициенты определялись отдельно. Таким образом составлялись, а затем решались 4 системы линейных уравнений, в результате чего были получены коэффициенты уравнения при значениях расходов воды /табл. 6/.

Таблица 6

Коеф-ты/группа	!	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

Для оценки полученных зависимостей были вычислены все статистические характеристики, входящие в последнюю инструкцию по оценке гидрологических прогнозов.

При вычислении коэффициента корреляции использовалась приближенная схема, которая может быть пригодна при достаточно большом числе членов ряда. Схема эта состоит в следующем. На графике связи величин, между которыми должен быть вычислен коэффициент корреляции, наносятся средние величины аргумента и функции и подсчитывается число точек в каждом квадрате и вычисляется отношение суммы числа точек в I и 3 квадратах к сумме числа точек во 2 и 4 квадратах. По этому отношению можно судить о тесноте связи и, следовательно, о значении коэффициента корреляции /табл. 7/.

Таблица 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

В этой таблице r - коэффициент корреляции, а Z - указанное выше соотношение: $Z = \frac{n_1 + n_3}{n_2 + n_4}$.

В таблице № 8 приведены значения r и Z для полученных зависимостей.

Таблица 8

Группа	!	$n_1 + n_3$!	$n_2 + n_4$!	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

При вычислении ошибок разной вероятности возникает вопрос о том, насколько зависят величины ошибок от самой предсказанной величины, так как в случае наличия такой зависимости ее необходимо исключить. Однако анализ показал, что никакой, даже самой приближенной зависимости между этими величинами нет.

В таблице № 9 приводятся все необходимые величины для оценки этих зависимостей и на рис. 2 - кривые обеспеченности отклонений от нормы и ошибок прогноза.

Таблица 9

группа/ характеристика	I	II	III	IV
σ	95,1	106,5	105,5	98
s	10,1	14,3	20,3	23,4
$\frac{s}{\sigma}$	0,107	0,134	0,192	0,238
$P/0,6745/$	100	100	99,4	99,4

Наконец, целесообразно привести еще одну оценку эффективности полученных зависимостей, а именно, насколько увеличиваются ошибки прогноза, если пользоваться только данными уровней воды у Оршовой в день составления прогноза. На рис. 3 приведена такая зависимость. Если максимальная ошибка полученных уравнений составляет 50 см, при средней величине 10-20 см, то в зависимости, изображенной на рис. 3, эта средняя ошибка составляет около 50 см, а максимальная - около 1,5 м.

Для практического использования полученных уравнений нетрудно построить номограмму.

3. Расчет трансформации паводочной волны

Различие физико-географических условий бассейна Дуная создает различные условия формирования паводочной волны. Бесприоточные обвалованные участки большой длины, наличие крупных притоков,

соизмеримых по водности с самим Дунаем, и, наконец, бесприточные участки с широко развитой поймой создают чрезвычайно разнообразные условия для дальнейшей трансформации паводочной волны в русле реки. В соответствии с этими особенностями можно выделить три характерных случая трансформации паводочной волны.

1. На бесприточном беспойменном участке /Вена - Мохач/.
2. На приточном участке /устья рек Сава и Тисса/.
3. На бесприточном пойменном участке /Дунай ниже Оршовы/.

Для расчета уровней воды на участке Вена - Мохач есть хорошо разработанная методика Сестай "Einige Methoden des Vorhersagen für die Schiffahrt". Поэтому нет необходимости останавливаться на первом случае расчета.

Ярко выраженное явление трансформации паводков наблюдается при слиянии Дуная с Тиссой. Паводки на этих реках проходят в разное время. Если на Дунае наиболее высокие паводки наблюдаются в мае-июле, то на Тиссе, главным образом, в апреле. Подробно методика расчета уже опубликована в Трудах Центрального института прогнозов, вып. 59, 1957 г. За последние годы эти зависимости уточнялись. При этом уточнении учитывалась трансформация паводочной волны на участке Богоево - Сланкамен и Сегед - Сланкамен. В ряде случаев таким путем удалось уменьшить ошибку прогноза на 20-30 см при заблаговременности 3-4 суток.

До последнего времени для Нижнего Дуная при прогнозе использовался метод соответственных уровней с некоторыми изменениями, учитывающими наполнение поймы и, следовательно, трансформацию паводочной волны поймой. Этот учет проводился путем введения в зависимость третьей переменной уровня на нижнем посту в день выпуска прогнозов. /Вид зависимости изображен на рис. 4/.

Заблаговременность прогноза достигает при этом 8-10 суток. Однако, ошибки прогноза могут быть весьма существенными. В последние годы были проведены расчеты трансформации паводочной волны с целью более точно учесть это явление при прогнозе.

Г.П.Калинин и П.И.Милюков /Труды ЦИП, вып. 66, 1958/ предложили простой, но вместе с тем теоретически строго обоснованный способ расчета неустановившегося движения воды в естественных руслах. Этот способ позволил им, в частности, дать теоретическое обоснование кривым добегания, а также предложить объективный способ вычисления параметров этой кривой.

Эти положения позволяют более строго подойти к решению задачи о трансформации паводочной волны. Что же касается практических расчетов, то, имея характеристики кривой добегания /число характерных участков и время добегания/, можно воспользоваться моделирующей установкой, достаточно простой в эксплуатации и дающей достаточно надежные в практическом отношении результаты. Описание этой установки опубликовано в журнале "Метеорология и гидрология", № 8, 1960.

На сколько сокращается объем работ на моделирующем устройстве можно судить из следующего сравнения. Расчет гидрографа за 1 год по 10 значениям ординат кривой добегания занимает, при использовании арифмометра, 2-3 дня. Эта же работа на моделирующей установке может быть выполнена за 1 час /включая наноску данных на ленту/.

Длины характерных участков определялись отдельно для малых, средних и больших расходов воды. Однако, разница для различных величин расходов невелика и для расчетов были приняты средние их значения.

Таблица 10

	! Оршова - ! - Т.Северин!	! Т.Северин! ! - Лом	! Лом - ! Свистов!	!Свистов -! !Олтеница	!Олтеница! !- Браида
2l _x	8	50	70	80	60
L	24	140	237	124	260
n	3	3	4	1	5

Значения длин характерных участков изменяются достаточно закономерно по длине реки. Исключением является участок Оршова - Т.Северин, где уклоны в 10 раз больше, чем на остальных участках.

Длина этого участка очень невелика, время добегания значительно меньше суток и практически трансформации здесь никакой не происходит. Поэтому за исходные данные принимались расходы воды у Оршова, а расчет велся, начиная от п. Т.Северин.

При определении средних значений времени добегания использовались исследования Тори, в которых говорится, что ниже Оршова средняя скорость при низких уровнях составляет около 80-100 см/сек.

Принимая, что $V_{\text{доб.}} = 1,3 V_{\text{ср}}$,
получим $V_{\text{доб.}} = 1,3 \cdot 1,0 = 1,1$ м/сек.

Или, при среднем значении $L_x = 30$ км, будем иметь:

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

Моделирующее устройство рассчитано на 6 характерных участков, следовательно, для расчета на этой установке необходимо несколько изменить кривую добегания так, чтобы при расчете по 6 участкам результаты получились аналогичными тем, которые получились бы при расчете по 13 участкам.

Целесообразно использовать для этой цели так называемую стандартную кривую добегания, понятие о которой введено в упомянутой выше работе. Под этой кривой подразумевается такая кривая, в которой в качестве расчетной единицы времени принимается время добегания по одному характерному участку, т.е. $\Delta t = \tau$ и число расчетных единиц времени в этой кривой будет зависеть лишь от числа характерных участков.

Эта кривая добегания выражается формулой Пуассона

$$y'_m = \frac{m^{n-1}}{(n-1)!} e^{-m}$$

Чтобы привести эту формулу к первоначальному виду, необходимо изменить лишь масштаб основания этой кривой во столько раз, во сколько Δt больше /или меньше/ τ_n и умножить каждую из ординат этой кривой на отношение $\frac{\Delta t}{\tau}$. Последняя операция не меняет формы кривой, а проводится лишь для того, чтобы сумма ординат кривой добегания всегда была равна единице. Следовательно, для решения нашей задачи необходимо выбрать такое время добегания Δt в нашем случае всегда равно 1 суткам/. Чтобы основание кривой добегания K_6 при $n = 6$, τ_6 равнялось основанию кривой добегания K_{13} при $n = 13$ и $\tau_{13} = 45000$ сек.

Очевидно, что для этого необходимо, чтобы соблюдалось следующее условие:

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

или,

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

Первоначально расчеты велись с одним временем добегания, так как полное отсутствие каких-либо указаний на порядок величин " τ " и " n " при различных условиях потока не дало возможности дифференцировать их. Однако, следует отдавать себе отчет в том, что в различных условиях /русло, пойма/ трансформация будет происходить по-разному.

Все течение реки было разбито на две части: Оршова - Олтеница и Олтеница - Браила. Основная особенность состояла в том, что при расчетах не было сведений о расходах воды в створах Олтеница и Браила. Поэтому после каждого расчета сравнение производилось между рассчитанными расходами и фактическими уровнями воды у Олтеницы /или Браилы/. Другими словами, строилась своего рода кривая расходов.

В результате такого построения на графике получились характерные петли, размер и направление которых менялось как при различной водности реки, так и в различные годы /рис. 5/.

Это обстоятельство вызвано, по-видимому, резким изменением структуры потока, т.е. выходом на пойму, причем, эти "скачки" из года в год наблюдаются при одних и тех же расходах воды Дуная у Оршова. При расчете трансформации паводка на участке Оршова - Олтеница эти величины соответственно равны $6.500 \text{ м}^3/\text{сек}$ и $9.000 \text{ м}^3/\text{сек}$, что обусловлено, по-видимому, выходом воды на пойму.

Постоянство значений расходов, при которых происходит изменение величины петель, подтверждает это предположение.

При расчетах необходимо было менять время добегания в зависимости от величины расхода, причем это изменение могло быть сделано двояко.

Первый путь: по достижении указанных выше значений расходов менять время добегания, принимая его средним для всего потока.

Второй путь: трансформируемый гидрограф разрезать на 3 части горизонтальными линиями по соответствующим расходам воды $6,5 \text{ тыс. м}^3/\text{сек}$ и $9 \text{ тыс. м}^3/\text{сек}$ и каждую из этих 3-х частей трансформировать отдельно, после чего суммировать ординаты каждого из трех гидрографов, полученных в результате трансформации трех частей гидрографа верхнего створа.

С физической точки зрения, более обоснован второй путь, так как после выхода на пойму происходит резкое снижение скоростей течения за счет малых скоростей на пойме. Конечно, нельзя забывать, что при этом несколько снижаются скорости и в основном русле.

Расчеты велись за период с 1924 по 1959 гг. Предварительно паводки за весь год рассчитывались с одним временем добегания $\tau = 60 \text{ тыс. сек}$, поскольку это значение получилось по предварительному расчету. Далее, в зависимости от размеров и формы "петель" на зависимости $H_{ф} = f / Q \text{ расч.} / \text{рис. 5/}$ время добегания

менялось, и расчеты повторялись. Эта операция проделывалась до тех пор, пока размеры петель не становились минимальными. В результате данные за каждый год рассчитывались в среднем 3-4 раза, а в наиболее сложных случаях до 10 раз. Время добегания оказалось целесообразным менять в зависимости от величины расходов воды. Все рассмотренные случаи были разбиты на 4 группы /для участка Оршова - Олтеница/.

I группа - расходы меньше или равны $6,5 \text{ тыс. м}^3/\text{сек.}$

II группа - расходы воды заключены между $6,5$ и $10 \text{ тыс. м}^3/\text{сек.}$ при максимальных расходах воды за паводок $Q_{\text{max}} < 10 \text{ тыс. м}^3/\text{сек.}$

III группа - $Q_{\text{max}} \geq 10 \text{ тыс. м}^3/\text{сек.}$ Расходы воды заключены между $6,5$ и $10 \text{ тыс. м}^3/\text{сек.}$

IV группа - расходы воды больше $10 \text{ тыс. м}^3/\text{сек.}$

На рис. 6 представлена схема деления всех случаев на группы. Характер изменения времени добегания этих групп следующий:

I группа: во всех 27 случаях время добегания близко между собой и может быть принято равным 60 тыс. сек.

II группа: из 9 лет в 6 случаях время добегания оказалось равным 160 тыс. сек. В одном 150 и в двух 140 тыс. сек. По-видимому, при такой малой вариации величин времени добегания и при таком коротком ряде нецелесообразно пытаться выявить какие-либо закономерности изменения этих величин, тем более, что и практически это не имеет смысла.

III группа: распределение значений времени добегания здесь отличается от предыдущего. Диапазон изменений этих величин - от 120 до 170 тыс. сек.

120 тыс.сек.	-	3	случая
130	"	2	"
140	"	5	"
150	"	2	"
160	"	4	"
170	"	1	"

Всего: 17 случаев

В качестве причины изменчивости времени добегаания здесь можно принять заполненность поймы водой. В случае, если перед тем паводком, который подлежит расчету, на пойме было много воды, то паводок будет распластываться меньше, если же пойма сухая, то, естественно, за счет дополнительной шероховатости, паводок должен трансформироваться сильнее.

Для количественной характеристики заполненности поймы был принят средний уровень воды по постам Калафат, Турну Магурели и Джурджу на дату начала подъема у Оршова /рис. 7/.

Зависимость эту нельзя признать достаточно тесной, однако для предварительной оценки величины времени добегаания она служить, по-видимому, может.

IY группа: В данном случае в качестве характеристики изменчивости времени добегаания заполненность водой поймы нецелесообразно. Если изменение величины "петель" при расходах воды более $10.000 \text{ м}^3/\text{сек}$ связана с выходом воды на пойму, то для того, чтобы эта пойма была хорошо заполнена водой к моменту прохождения трансформируемого паводка, необходимо, чтобы предшествующий паводок имел максимальный расход существенно более $10.000 \text{ м}^3/\text{сек}$.

При этом может быть два случая: 1/ время между этими двумя паводками достаточно большое, чтобы их трансформацию можно было считать отдельно, 2/ паводки эти проходят сразу, один за другим.

В первом случае пойма успеет освободиться от воды, и предшествующий паводок не будет характеризовать заполненность поймы. Во втором случае эти оба паводка сольются в один, и рассматривать их отдельно невозможно. К этому следует добавить, что два паводка с расходом выше $10 \text{ тыс. м}^3/\text{сек}$ в одном году - явление достаточно редкое и в качестве основы для статистических выводов служить не может.

Поэтому единственно существенной характеристикой, которая может обусловить изменчивость времени добегаания, является интенсивность подъема уровней воды.

Очевидно, что паводок с большей интенсивностью подъема будет трансформироваться больше, чем паводок с меньшей интенсивностью. Кроме того, при расходах, существенно превышающих 10 тыс. м³/сек, по-видимому, время добегания на пойме нельзя рассматривать изолированно от времени добегания предшествующего интервала расходов. Поэтому была принята не сама величина времени добегания, а разница между величиной времени добегания для интервалов расходов 6,5 - 10 тыс. м³/сек и > 10 тыс. м³/сек. /11/.

Вычислялась интенсивность подъема после перехода расходов воды через значение 10 тыс. м³/сек., которая и является определяющей степень трансформации паводка.

К моменту составления прогноза эта величина неизвестна, поэтому она была заменена временем t изменения расхода воды от 6,5 - до 10 тыс. м³/сек, допуская, что интенсивность в период подъема меняется мало.

На рис. 3 представлена зависимость $\Delta \bar{T} = f/t/$

Небольшое количество случаев и существенный разброс точек также заставляет оценить эту зависимость как ориентировочную и требующую уточнений в дальнейшем.

В связи с неточностью приведенных зависимостей возникает вопрос о размерах ошибок, которые могут быть получены в результате неточного определения времени добегания. Для этой цели были использованы промежуточные результаты расчетов трансформации паводков. Для каждого промежуточного результата определялось расстояние между ветвями "петли" и сравнивалось с разницей между тем временем добегания, которое относилось к этой величине петли и окончательным значениям времени добегания, когда кривая расходов получалась однозначной. В результате было установлено, что при ошибке времени добегания в 10 тыс. сек. ошибка в уровне воды не превышает 10 см, а при 20 тыс. сек. - 20-30 см, и лишь при ошибке " \bar{T} " более чем на 20 тыс. сек. ошибка в уровне воды начинает расти интенсивно.

Расчеты для участка Олтеница - Браила производились аналогично тому, как это было описано выше для участка Оршова - Олтеница и в пояснениях не нуждаются. Однако, попытки установить какую-либо зависимость между характеристикой водности на участке трансформации и временем добегания ни к чему не привели. Объяснить это можно лишь тем, что интенсивность подъема паводка здесь невелика, а пойма постоянно заполнена водой, и шероховатость создается не за счет заполнения пойменных понижений, а за счет зарастаемости поймы.

В результате расчета удалось установить лишь одну зависимость $\tau = f / Q_{\max}$, где Q_{\max} наибольший расход воды трансформируемого паводка у Олтеницы. Зависимость эта несколько теснее чем для предыдущих участков /рис. 9/.

С целью уточнения настоящей методики расчета необходимо, в первую очередь, проводить натурные наблюдения за состоянием поймы.

Величины объемов воды в русле на различных
участках рек

№ участка!	Верхние створы	Нижние створы		Выражение объема
I	-	Ульм	3	$1,5 Q_1$
2	Ульм	Пфеллинг	4	$2,0 Q_1 + 2,0 Q_2$
3	-	Ландау	3	$1,5 Q_3$
4	-	Иннсбрук	2	Q_4
5	Иннсбрук	Нейотиг	I	$0,5 Q_4 + 0,5 Q_5$
6	-	Бургхаузен ...	I	$0,5 Q_6$
7	Пфеллинг, Ландау Нейотинг, Бургхаузен	Линц	2	$Q_2 + Q_3 + Q_5 + Q_6 + Q_7$
8	Линц	Вена	2	$Q_7 + Q_8$
9	Вена	Комарно	2	$Q_8 + Q_9$
10	Комарно	Будапешт	I	$0,5 Q_9 + 0,5 Q_{10}$
11	Будапешт	Мохач	3	$1,5 Q_{10} + 1,5 Q_{11}$
12	-	Сату-Маре	6	$3,0 Q_{12}$
13	Сату-Маре	Сольнок	4	$2,0 Q_{12} + 2,0 Q_{13}$
14	-	Мако	10	$5,0 Q_{14}$
15	Сольнок, Мако	Сегед	5	$2,5 Q_{14} + 2,5 Q_{15} + 2,5 Q_{13}$
16	-	Загреб	3	$1,5 Q_{16}$
17	Загреб	Бос.Градишка..	4	$2,0 Q_{16} + 2,0 Q_{17}$
18	-	Вишеград	3	$1,5 Q_{18}$
19	Бос.Градишка, Више- град	Ср.Митровицы..	6	$3,0 Q_{17} + 3,0 Q_{18} + 3,0 Q_{19}$
20	Мохач, Сегед, Ср.Мит- ровицы	Оршова	7	$3,5 Q_{11} + 3,5 Q_{15} + 3,5 Q_{19} + 3,5 Q_{20}$

Таблица 2
Tableau 2

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ВОДЫ В РУСЛОВОЙ СЕТИ
VALEURS DES COEFFICIENTS POUR LA DETERMINATION DES VOLUMES D'EAU DANS
LE RESEAU DU LIT

Заблаговре- менность в днях Echéance en jours	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20															
	5x	10x	15x	20x	25x	30x	35x	5x	10x	15x	20x	25x	30x	35x	5x	10x	15x	20x	25x	30x	35x	5x	10x	15x	20x	25x	30x	35x	5x	10x	15x	20x	25x	30x	35x	5x	10x	15x	20x	25x	30x	35x												
	3,5	3,0	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	1,5	0,5	0,5																																			

x Имеется в виду составление прогноза за 5 дней до начала того периода, на который составляется прогноз.
* La prévision est formulée 5 jours avant la période à laquelle elle se rapporte.

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

МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ
НА ДУНАЕ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЧЕХОСЛОВАКИИ

А. Прогнозы, основанные на закономерностях движения
воды в русловой сети

Гидрологический прогноз основан на отношении уровней между верхним и нижним постом. Здесь принимается во внимание вода, которая уже находится в русле. Заблаговременность прогноза зависит от времени добегания волны в русловой сети.

На чехословацком участке Дуная выпускается прогноз, при нормальных уровнях на следующих постах:

Братислава с заблаговременностью	24 час;
Комарно	"- 24 и 48 час;
Штурово	"- 24 и 48 час.

Для прогноза уровня воды в Братиславе сначала употреблялась формула:

$$H'_{бр,7} = H_{бр,7} + 0,90 \Delta H_{шв}$$

где: $H'_{бр,7}$ - прогноз на следующий день утром,

$H_{бр,7}$ - уровень воды в см сегодня,

$\Delta H_{шв}$ - изменение уровня воды в Шварцхольц, который возник как разница между сегодняшним и вчерашним уровнем воды.

Эта формула не давала приемлемых результатов, поэтому используется для прогноза тот же способ, но результаты исправляются на основании изменения уровня воды на водомерных постах Вена, Кремс и на основании прогноза, который выпускает Австрия для водомерного поста Вена. На основании изменения уровня воды в Вене можно выпускать прогноз на 8-10 часов, в Кремсе - на 16-18 часов и на основании прогноза для водомерного поста Вена можно приблизительно оценивать прогноз с заблаговременностью 30 часов.

Для поста Комарно выпускается прогноз на 24 часа, на основании следующего уравнения:

$$H'_{\text{ком},7} = H_{\text{ком},7} + 0,70 \Delta H_{\text{бр}}$$

где: $H'_{\text{ком},7}$ - предсказываемый уровень на завтра в 7 часов,
 $H_{\text{ком},7}$ - уровень воды в 7 часов /сегодня/ в Комарне,
 $\Delta H_{\text{бр}}$ - изменение уровня воды в Братиславе за последние 24 часа.

Подобно можно выпускать прогноз на 48 часов, учитывая прогноз для Братиславы.

Для водомерного поста Штурово выпускается прогноз на 24 часа на основании уравнения:

$$H'_{\text{шт},7} = H_{\text{шт},7} + \Delta H'_{\text{ком}}$$

где: $H'_{\text{шт},7}$ - предсказываемый уровень на завтра в 7 часов,
 $H_{\text{шт},7}$ - уровень воды сегодня в 7 часов,
 $\Delta H'_{\text{ком}}$ - предсказываемое изменение уровня воды в Комарно.

Подобно можно выпускать прогноз на 48 часов на основании ожидаемого изменения в Комарно.

Прогноз кульминационных уровней во время паводка выпускается на основании следующих формул:

Отношение Братислава - Вена:

$$H'_{\text{бр,макс}} = 0,90 H_{\text{в,макс}} + 115$$

где: $H'_{\text{бр,макс}}$ - кульминационный уровень в Братиславе,
 $H_{\text{в,макс}}$ - кульминационный уровень водомерного поста Вена

Средняя квадратическая ошибка уравнения регрессии

$$C = \pm 27,5 \text{ см.}$$

Отношение Комарно - Братислава:

$$H'_{\text{ком, макс}} = 0,80 H_{\text{бр, макс}} - 10,$$

где: $H'_{\text{ком, макс}}$ - предсказываемый кульминационный уровень в Комарно.

$$\text{Средняя ошибка } C = \pm 23 \text{ см.}$$

Отношение Штурово- Братислава:

$$H'_{\text{шт, макс}} = 0,74 H_{\text{бр, макс}} - 15$$

где: $H'_{\text{шт, макс}}$ - предсказываемый кульминационный уровень в Штурове.

$$\text{Средняя квадратическая ошибка } C = \pm 28,7 \text{ см.}$$

Отношение Штурово- Комарно:

$$H'_{\text{шт, макс}} = 0,93 H_{\text{ком, макс}} - 7.$$

$$\text{Средняя ошибка } C = \pm 16,6 \text{ см.}$$

Отношение Братислава, Комарно - Штурово:

$$H'_{\text{шт, макс}} = 1,03 H_{\text{ком, макс}} - 0,07 H_{\text{бр, макс}} - 12.$$

$$\text{Средняя квадратическая ошибка } C = \pm 3,8 \text{ см.}$$

Время добегания волны между водомерными постами Шварцкольд - Братислава, Вена - Братислава, Братислава - Комарно, Братислава - Штурово графически выражено на приложенных рисунках /1,2,3,4/.
Время добегания волны выражено по отношению к высоте уровня воды верхнего поста. Как показано на рисунке, время добегания возрастает с увеличением высоты уровня воды и может достигнуть значений в несколько раз больших нормального.

Кроме указанных способов прогноза, используется еще несколько второстепенных методов, которые тоже разработаны на основании метода соответствующих уровней.

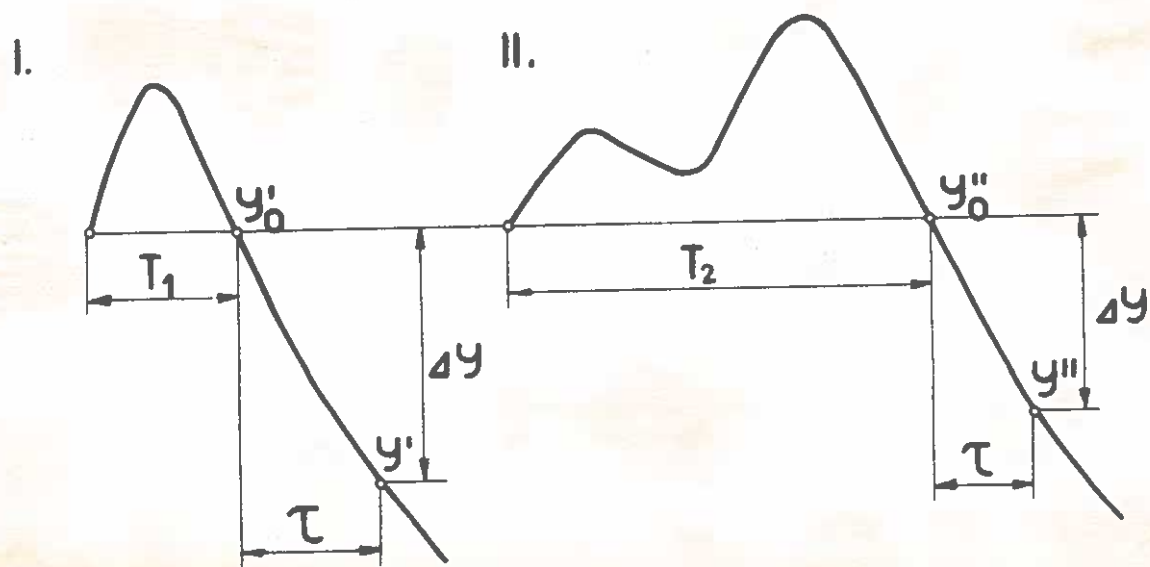
С точностью указанных методов можно познакомиться в приложенной таблице, где приведена оценка прогноза на 24 часа для постов: Вена, Братислава, Комарно, Штурово по данным 1959 года.

Прогноз средних и минимальных уровней воды

Метод составления прогнозов средних и минимальных уровней воды основан на изучении кривых спада. Из целого периода наблюдений было выбрано 90 кривых спада. Была рассмотрена возможность предсказывать спад уровня воды через назначенные интервалы времени /5 и 7 дней/.

Спадамы мы начали исследовать от уровня 500 см до самых низких уровней. Полученные результаты наглядно изображены на рис. 5 и 6. Здесь изображена связь между высотой уровня воды во время выпуска прогноза и высотой уровня воды через 5-7 дней спада.

На рисунках изображены кривые максимального, среднего и минимального спада от уровня, который соответствует 60% воды или ниже; при выпуске прогноза можно исходить из кривой среднего спада, причем установленные пределы будут обеспечены. При 50-60% /350-300 см/ воды прогнозе по кривой среднего спада не обеспечивается предел в целом интервале. Поэтому мы попробовали улучшить эту связь введением новой переменной. Мы установили, что на высоту спада имеет влияние время продолжительности / T в днях/ уровня высшего, чем уровень, по которому выпускается прогноз.



Из приложенного рисунка 5 видно, что при прогнозировании по одинаковым уровням воды при одной и той же заблаговременности /Т/ мы получим два разных уровня u^I , u^{II} . При самых низких значениях Т мы получим самые большие падения и наоборот при самых высших значениях Т было падение самое малое. Причем возможно построить кривые для разных значений Т.

Из этой зависимости исключаются только случаи, в которых падение было нарушено таянием снега /мес. III-IV/. В этих случаях спад уменьшается.

Предложенные связи предоставляют возможность выпускать прогнозы с заблаговременностью 5-7 дней только во время спада уровня воды.

Точность прогнозов

Точность прогноза средних уровней воды соответствует установленным пределам. Точность прогноза гарантийных уровней воды большая, потому что кривая максимальных спадов построена по самым большим до сих пор наблюдаемым спадам.

В заключение мы думаем, что сотрудничество между гидрологическими и службами гидрологических прогнозов в придунайских странах нужна, что обмен достигнутых результатов между отдельными службами как в методиках прогнозов, так и в аппаратной и соединительной технике был бы полезным.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗА НА 24 ЧАСА С 1959-ого ГОДА
 APPRECIATION DE LA PRECISION DES PREVISIONS POUR 24 HEURES
 A PARTIR DE 1959

Интервалы ошибок	Б Е Н А			БРАТИСЛАВА			КОМАРНО			ШТУРОВО		
	V	I	3	I	2	3	I	2	3	I	2	3
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
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	-

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

- nombre des cas
 - nombre des cas en %
 - sommes des intervalles en %

МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ
НА ДУНАЕ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЮГОСЛАВИИ

Для нужд судоходства Федеральный Гидрометеорологический Институт составляет следующие прогнозы уровней воды:

1. на два дня для водомерных постов Бездан и Велико Градиште на Дунае и Сремска Митровица на Саве;

2. прогнозы на 10 дней средних и минимальных уровней для Бездан, Нови-Сад, Земун, Смедерево и Велико Градиште на Дунае и Славонски брод, Славонски Шамац, Сремска Митровица и Белград на Саве также как и для водомерного поста Сента на Тиссе;

3. прогнозы на период 7 дней для Доньи Михольяц на Драве, Вышеград на Дрине и Любичевски Мост на Велика Морава.

Прогнозы на период 2 дней составляются ежедневно; прогнозы на 10 дней - каждое 10, 20 и последнее число месяца; прогнозы на 7 дней составляются по средам. Информация по составленным прогнозам передаются по радио Белград в рамках информации об уровнях воды. Они передаются также и придунайским странам по телеграфу ежедневно.

Для водомерного поста Бездан прогнозы уровней воды составляются по методу соответственных уровней Будапешт-Бездан. Для Велико Градиште на Дунае и Сремска Митровица на Саве составляются прогнозы уровней воды по опыту.

Метод составления прогнозов уровней воды на
двухдневный период для водомерного поста Бездан

Вследствие влияния дополнительного бассейна в 25 483 км² /Будапешт-Бездан/ и подпора реки Драва, соответствующие пункты характерных уровней воды Будапешт-Бездан достаточно разбросаны. Основная линия соответственностей не может использоваться для составления прогнозов так как прочность /стабильность/ составленных таким образом прогнозов не удовлетворительна. Ввиду этого до 1963 г. прогнозы составлялись по опыту.

На основе анализа отдельных линий соответствий в период подъёма уровня и в период спада уровня получилась сеть линий соответствий для каждой отдельной фазы и, таким образом, настоящее положение в данный момент совпадает с одной из линий или же падает на поверхность между двумя линиями.

Диаграмма № 1. - Сеть соответствующих уровней воды Будапешт-Бездан в период подъёма уровня - указываются два примера составленных прогнозов и настоящее положение. Диаграмма № 2. - Сеть уровней воды Будапешт-Бездан в период спада уровня - указываются три примера предусмотренных и осуществленных положений.

Прогнозы составляются на основе гипотезы, что будущий пункт соответственности будет находиться на той же линии соответственностей, на которой находился предыдущий пункт, т.е., что этот пункт поместится в границах между двумя линиями.

Использование этого метода улучшило точность прогнозов. Так например, при ошибке 23 см /20% амплитуды, вычисленной по Ар/ естественная обеспеченность - 72,2%; обеспеченность прогнозов, составленных в 1962 г. /по опыту/ - 89,7% и обеспеченность прогнозов, составленных при помощи указанного метода /использованием группы /семьи/ соответствующих линий в период подъёма и в период спада/ - 95,0%.

При ошибке 17 см /15% амплитуды, вычисленной по Ар/ обеспеченность прогнозов на два дня - 51%; обеспеченность прогнозов, составленных в 1962 г. - 80%; обеспеченность прогнозов, составляемых методом, указанным выше, - 92%.

Поскольку было установлено, что составляемые прогнозы являются удовлетворительными, в 1963 г. двухдневные прогнозы для Бездана составлялись этим способом. Обеспеченность прогнозов, выпускаемых в 1963 г., составленных для дней без льда за исключением декабря месяца, при допущении ошибки 24 см равна 97%, а при ошибке 17 см - 93%.

Прогнозы на десятидневный период составляются на основе анализа: полсжения на главном пути и на его протоках; атмосферного положения и развития погоды на территории бассейна на последующие пять дней.

Анализ положения на главном пути и на его притоках содержит: анализ существующих паводков, периода подъема и периода спада уровней, предположение времени пробега паводка /в разных периодах/ через отдельные профили и предположение изменений, вызываемых пробегом наблюдаемого паводка.

Анализ атмосферного положения означает ознакомление с существующими системами /циклоны, антициклоны, фронты и т.п./ на территории бассейна и предвидеть развитие этих систем на последующие пять дней.

Анализ предыдущих паводков и маловодья выявил следующие соответственности: развитие погоды - атмосферные осадки, которые служат основой для составления прогнозов минимальных и средних уровней воды на период 10 дней.

- Сильное вторжение северозападных холодных воздушных масс вызывает значительные осадки в верхнем и среднем бассейне Дуная, бассейна Савы и в верхней области бассейна Дравы.

- Значительное вторжение западных холодных воздушных масс вызывает осадки на той же территории.

- Циклоны в областях Дженовы и Адриатического моря вызывают осадки на территории бассейна р. Сава, Драва и Велика Морава.

- Наличие похолодания над Балканским полуостровом весной и летом вызывает осадки, продолжительностью в несколько дней на территории панонского бассейна, бассейна р. Сава и Велика Морава.

- Сохранение антициклона над Балканами летом, особенно в начале лета обуславливает появление теплых воздушных потоков с юго-запада, вызывающее в области Альпов сильное таяние снега и льда в горах.

- Интенсивность циклонов зимой или в начале лета в зоне Средиземного моря вызывает или обильные дожди и снегопады или таяние снежного покрова. Вопрос о том, будет ли снег и будет ли таяние снега сопровождаться дождями, зависит от многочисленных метеорологических характеристик, которые в большинстве случаев можно анализировать и предвидеть.

Сохранение антициклонов над Центральной Европой или над Балканами вызывает безосадочный период в этих областях.

Ввиду того, что указанные положения могут иметь многочисленные варианты, специалисты, занимающиеся составлением прогнозов, должны хорошо знать положения, имевшиеся в прошлом. Особо широкий круг вариантов получается в результате анализа развития погоды и его последствий также как и анализа положения на Дунае и его притоках.

При составлении десятидневных прогнозов средних и минимальных уровней можно дать себе отчет о состоянии паводков на основном водном пути и на его притоках, о возможности их соответственности и их трансформации по отношению к будущим паводкам и к периодам без атмосферных осадков.

Прогнозы на период 7 дней составляются таким же образом как и на 10 дней.

Оценка составления прогнозов производится следующим методом:

Для определенного вида прогнозов определяется естественная обеспеченность, на основе которой составляется диаграмма естественной обеспеченности, по которой получается вычисляемая амплитуда. В качестве допускаемой ошибки берется 20 или 15% значения вычисленной амплитуды. Для более строгого критерия принимается 15%. При этом упоминаем, что указанный метод фигурирует в советской научной литературе, поэтому мы можем кратко напомнить о нем, не входя в подробности.

В следующем тексте мы даем обзор допускаемых ошибок /15% вычисленной амплитуды/; естественную обеспеченность при допускаемой ошибке и обеспеченность прогнозов, составленных в 1962 г.

Река !	Водомерный !	!Допускаемая !	!Естественная !	!Обесп. прогн. !
!	пост	!ошибка в см	!обесп. в %	! в %

Прогнозы на период 2 дней

Дунай	Бездан	17	51	80
Дунай	В.Градиште	15	60	84
Сава	Ср. Митровица	21	58	84

Прогнозы средних уровней на период 10 дней

Дунай	Бездан	36	40	78
Дунай	Нови-Сад	35	44	83
Дунай	Земун	41	38	80
Дунай	Смедерево	37	45	83
Дунай	Вел. Градиште	40	44	85
Сава	Слав. Брод	71	48	64
Сава	Слав. Шамац	64	49	69
Сава	Срем. Митровица	52	47	78
Сава	Белград	42	45	75

Прогнозы минимальных уровней на период 10 дней

Дунай	Бездан	42	52	67
Дунай	Нови-Сад	37	49	66
Дунай	Земун	47	48	86
Дунай	Смедерево	41	57	78
Дунай	Вел.Градиште	44	57	85
Сава	Слав. Брод	85	58	81
Сава	Слав.Шамац	69	57	74
Сава	Срем. Митровица	52	53	72
Сава	Белград	48	56	86

Прогнозы средних и минимальных уровней воды на период 7 дней для станций Доньи Михольяц на Драве, Вышеград на Дрине и Любичевски Мост на Великой Мораве еще не удовлетворительны.

С целью улучшения составления прогнозов, то есть усовершенствования методов составления, мы предлагаем, чтобы придунайские страны связались для обсуждения общих проблем в этой области.

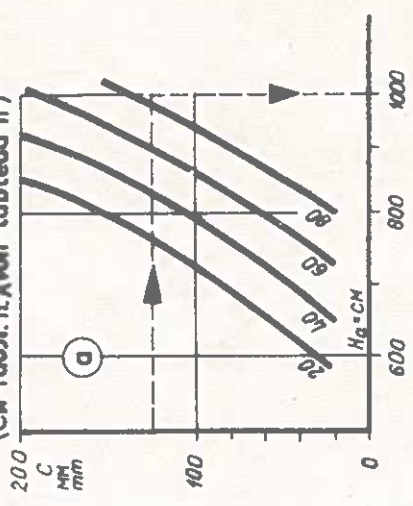
П Р И Л О Ж Е Н И Я

A N N E X E S

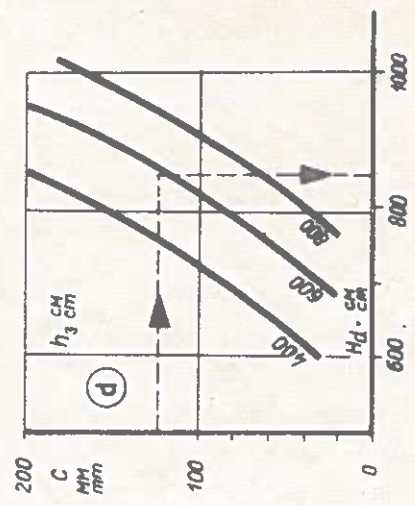
ПРОГНОЗ ПИКА ПАВОДКОВ ПО ДАННЫМ ОСАДКОВ У В.П. МОХАЧ
 PREVISION DE LA POINTE DE CRUE A LA ST. HYDR.
 MOHÁCS SUR LA BASE DES PRECIPITATIONS

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

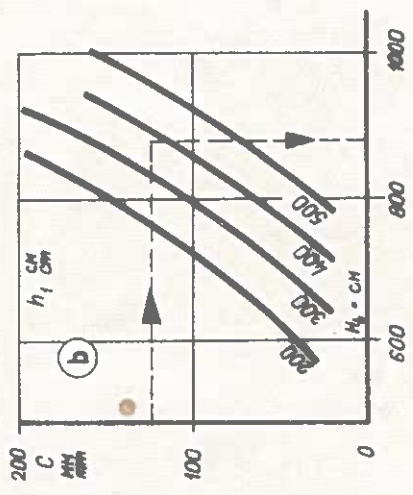
(См табл. II. Voir tableau II)



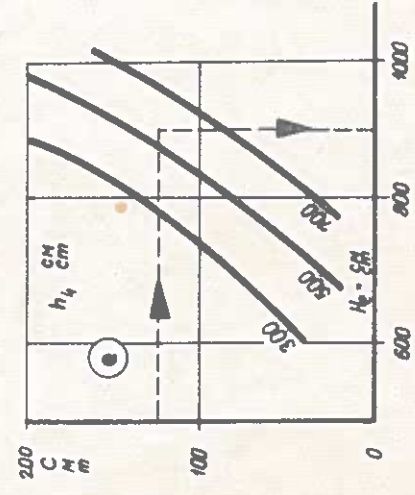
Уровень воды по сл.
 Братислава
 Niveau d'eau à la st. hydr.
 Bratislava



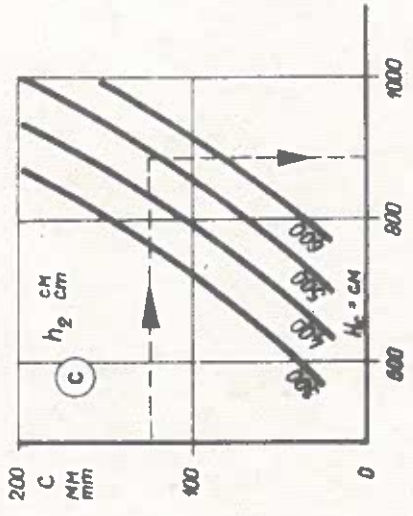
Уровень воды по сл.
 Энгельхартсцелль
 Niveau d'eau à la st. hydr.
 Engelhartszell



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



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



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

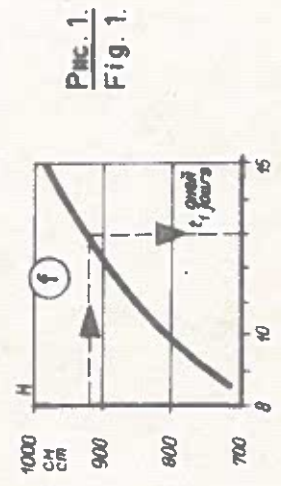


Рис. 1.
 Fig. 1.

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 ст. 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)

{ Энгельхартсцелль
 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 ст. 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:

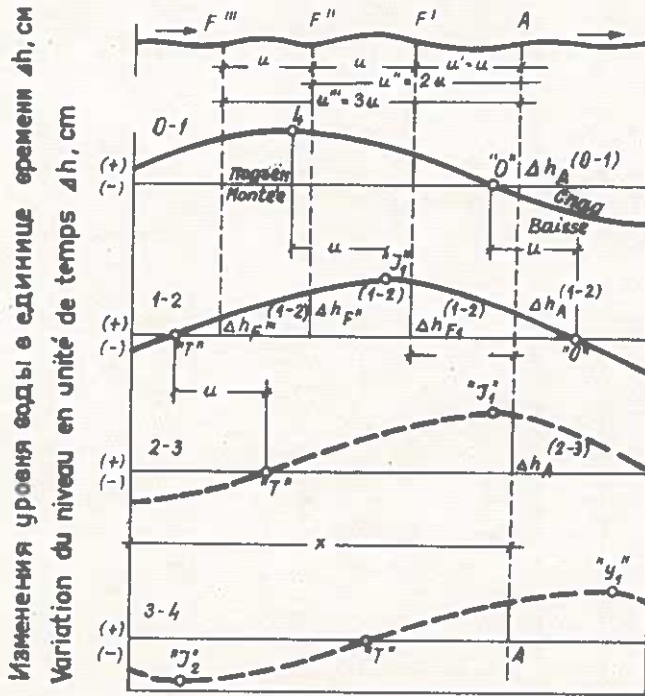
$H_a = 990$ см $t = 13$ jours
 $H_b = 905$ см
 $H_c = 910$ см
 $H_d = 870$ см
 $H_e = 915$ см

Valeur moyenne $H - 918$ см

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

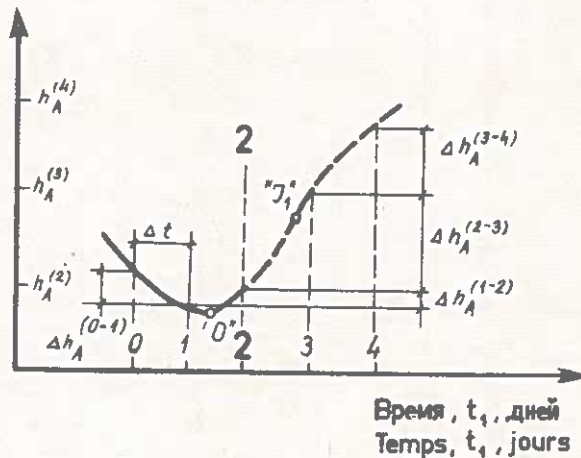
Niveau de pointe observé le 23 juillet : 924 см

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ ВОДЫ
PROFIL EN LONG DES VARIATIONS DU NIVEAU



Расстояние по длине реки, L км
Distance le long du fleuve, L km

Уровень воды в створе "А"
Niveau dans la section de jauge "A"



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

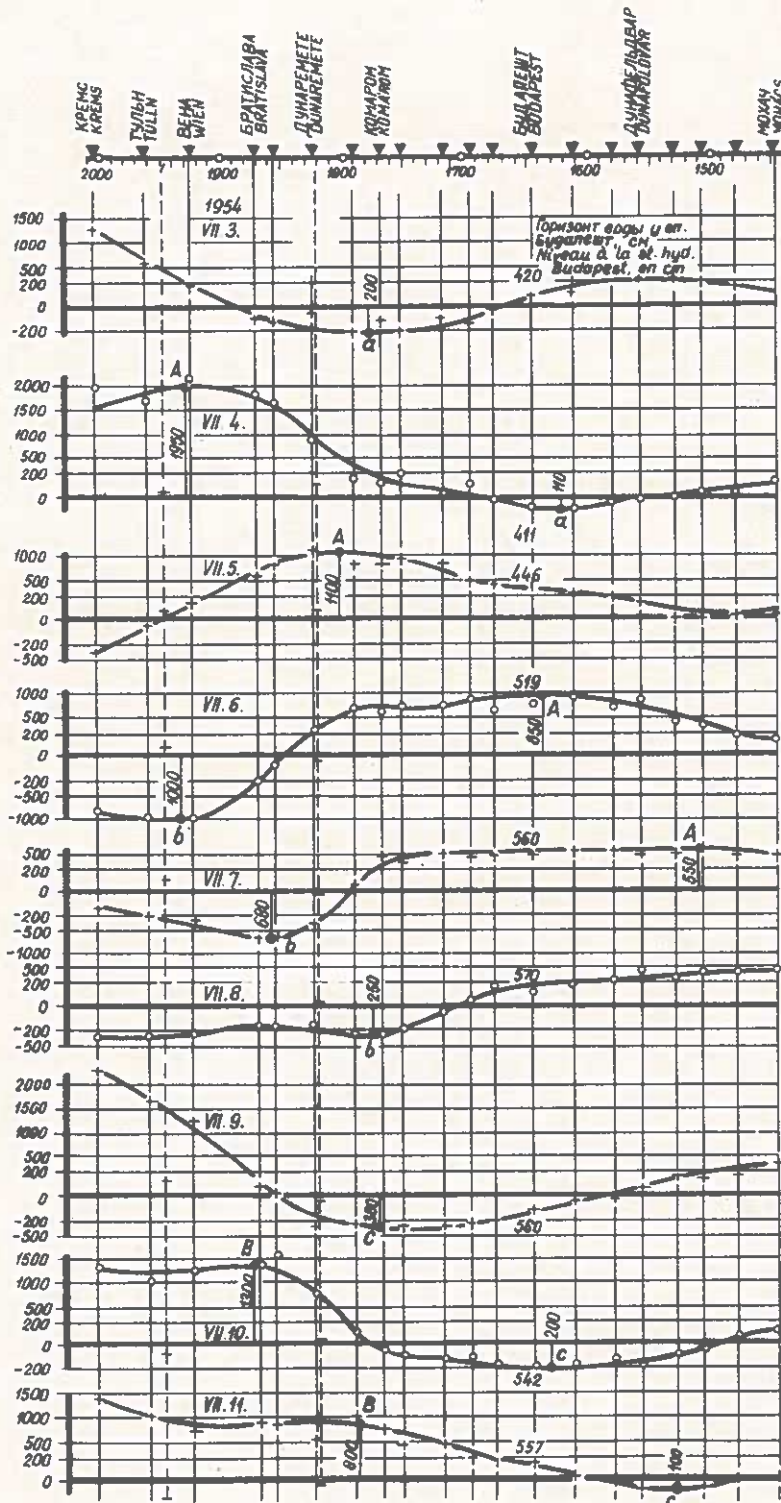
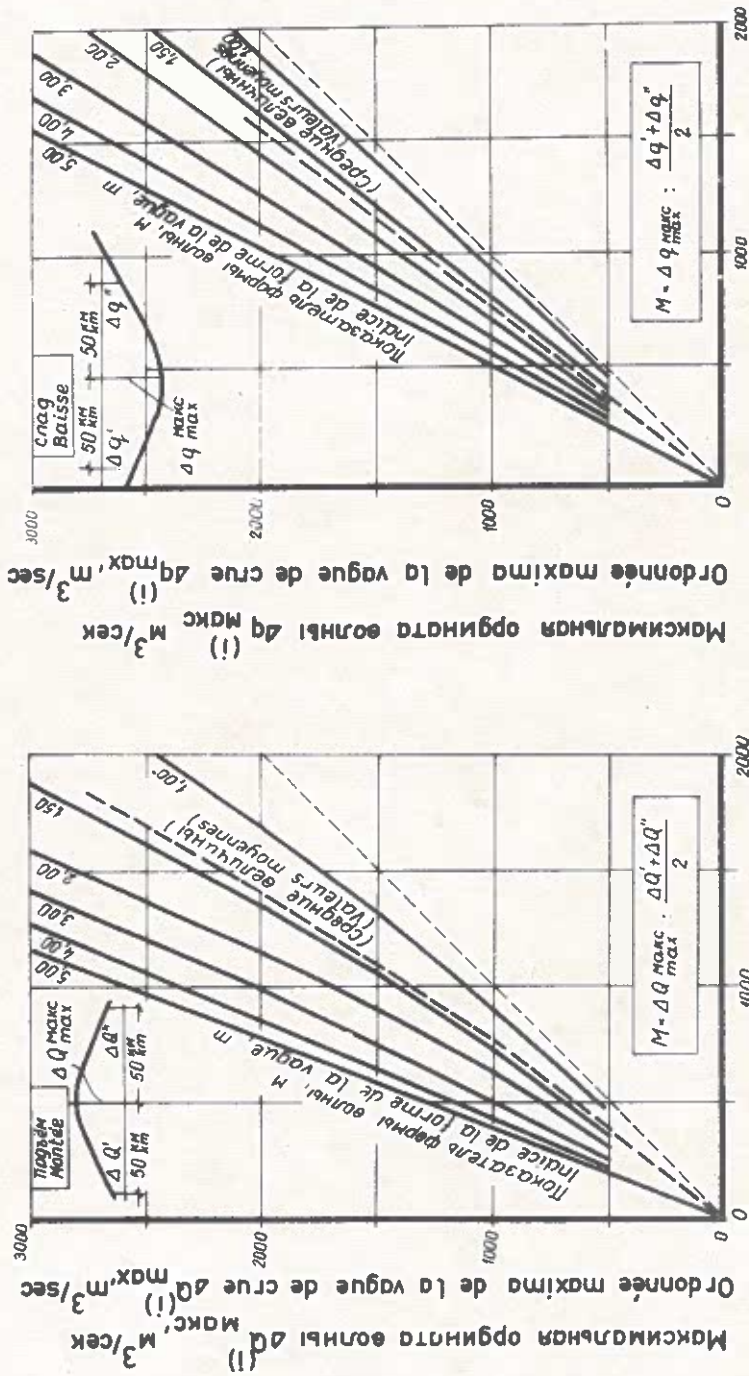


Рис. 3.
Fig. 3.

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, Δq макс

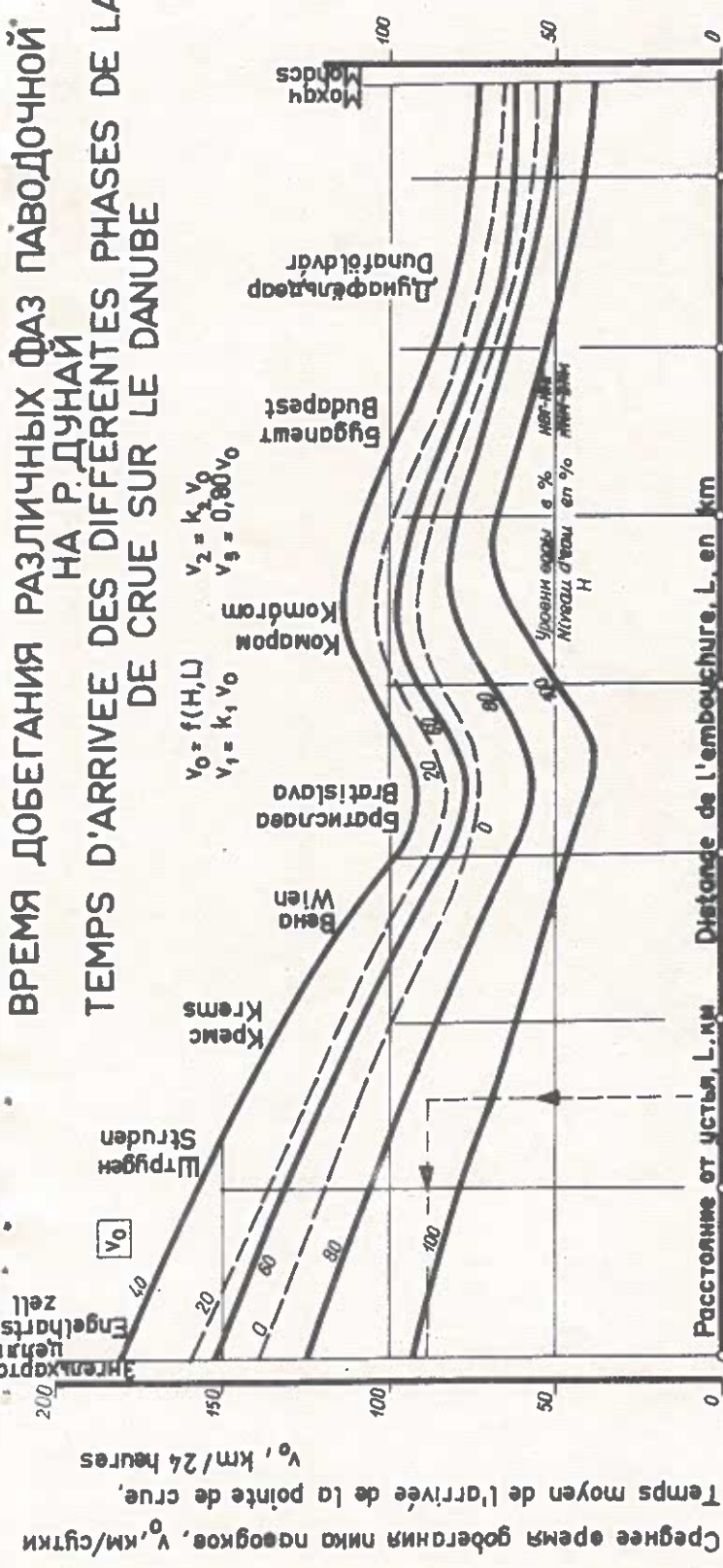
Ordonnée maxima de la vague le
 lendemain Δq макс

Максимальная ордината волны в
 последующий день, ΔQ макс, м³/сек

Ordonnée maxima de la vague le
 lendemain ΔQ макс

Рис. 4.
 Fig. 4.

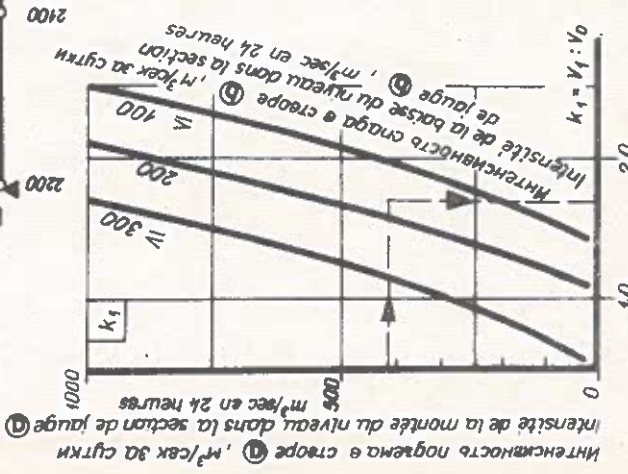
ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАЗ ПАВОДОЧНОЙ ВОЛНЫ
НА Р. ДУНАЙ
TEMPS D'ARRIVEE DES DIFFERENTES PHASES DE LA VAGUE
DE CRUE SUR LE DANUBE



Среднее время добегания пика паводков, v_0 , км/сутки

v_0 , км/24 heures

Engelhardt Zell
Struden
Krems
Wien
Bratislava
Komárom
Budapest
Dunaföldvár
Mogyorós



Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

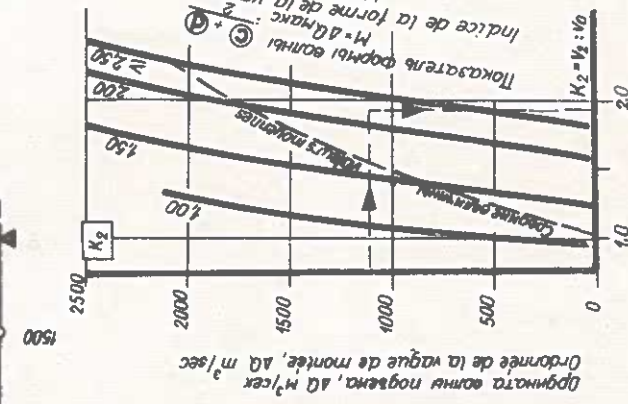
Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Относительная скорость
Vitesse relative

Рис. 5.



Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Интенсивность погрома в сечении
Интенсивность спада в сечении

Пример :

$L = 2044$ км
 $H = 85\%$

$V_0 = 87$ км /сутки

$\Delta Q_a = 420$ м³/сек

$\Delta Q_b = 175$ м³/сек

$k_1 = 1,65$

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

$\Delta Q = 1120$ м³/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

$\Delta Q_a = 420$ м³/sec

$\Delta Q_b = 175$

$k_1 = 1,65$

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

$\Delta Q = 1120$ м³/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.

СРЕДНИЕ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ ПО Р. ДУНАЙ
VITESSES MOYENNES DU COURANT DU DANUBE

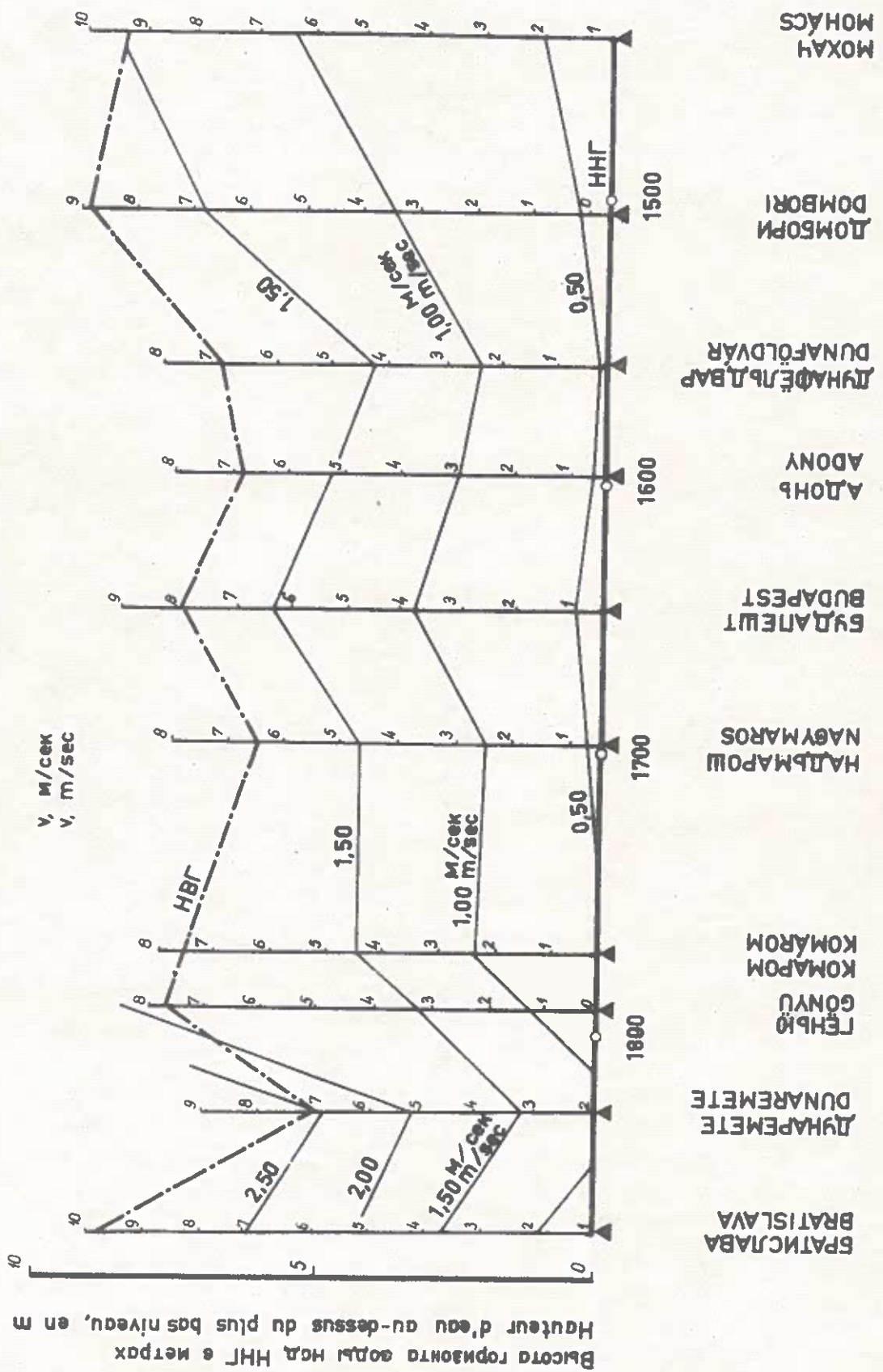


Рис. 6
Fig. 6

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

Энгельхартцелль Engelhartzell	Линц Linz	Кремс Krems	Вена Wien	Братислава Bratislava	Дунаремете Dunaremete (Сараг / Szereg) (Араш / Arads)	Комаром Komárom	Эстергом Esztergom	Будапешт Budapest	Дунафатъявар Dunafátgyar	Мохач Mohács
243	300	329	341	427	497 (40) (22)	367	344	447	366	747
23	26	29	30	37	52 (9) (20)	47	46	52	52	79
1400	1750	2050	2230	2430	265 (40) (88)	3060	3160	3600	3670	4000
1480	1880	2200	2370	2630	2000 (-30) (-4)	3320	3600	4000	4000	3800
-80	-130	-140	-140	-200	-250 (-30) (-4)	-260	-440	-500	-660	-800

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

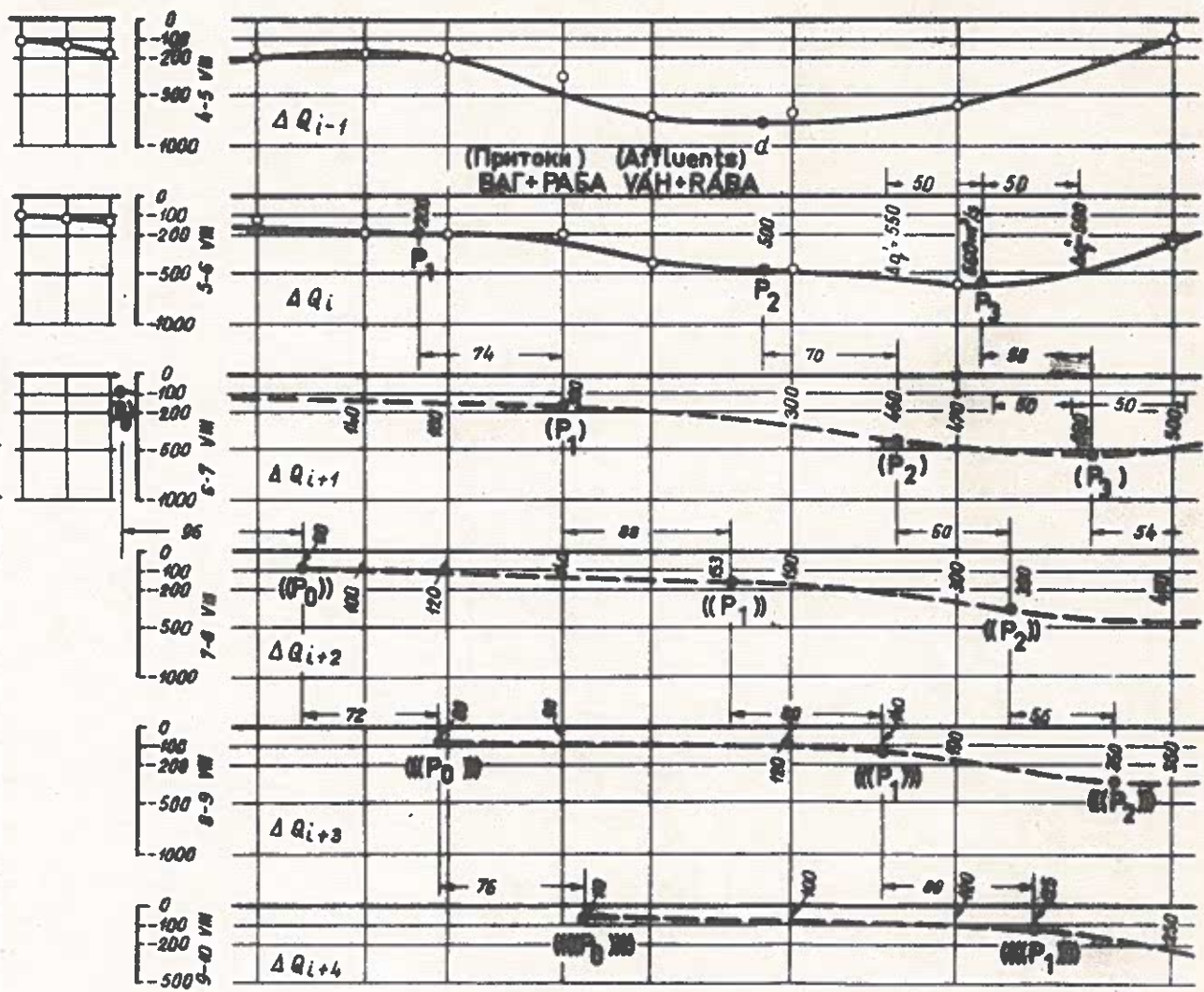
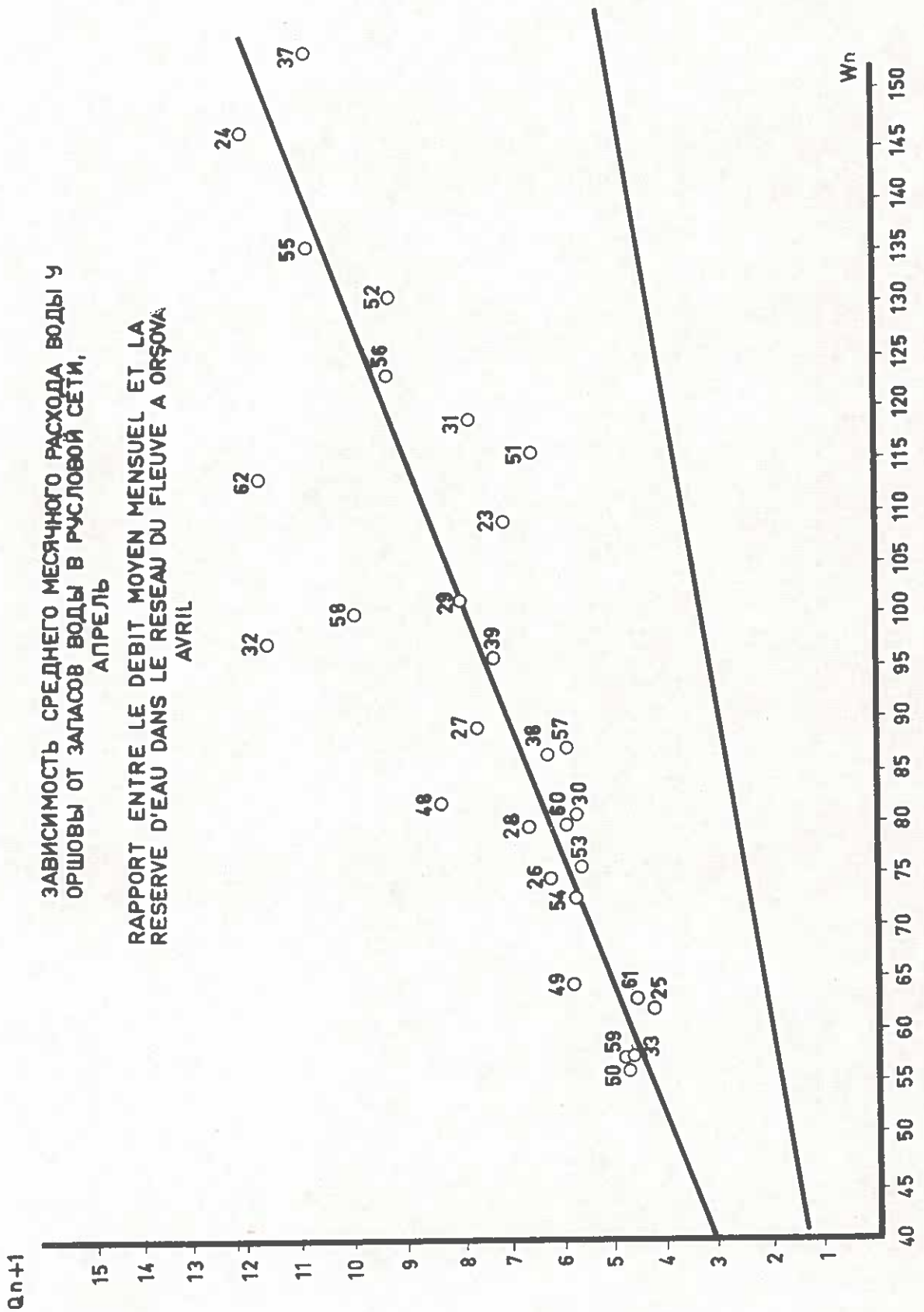


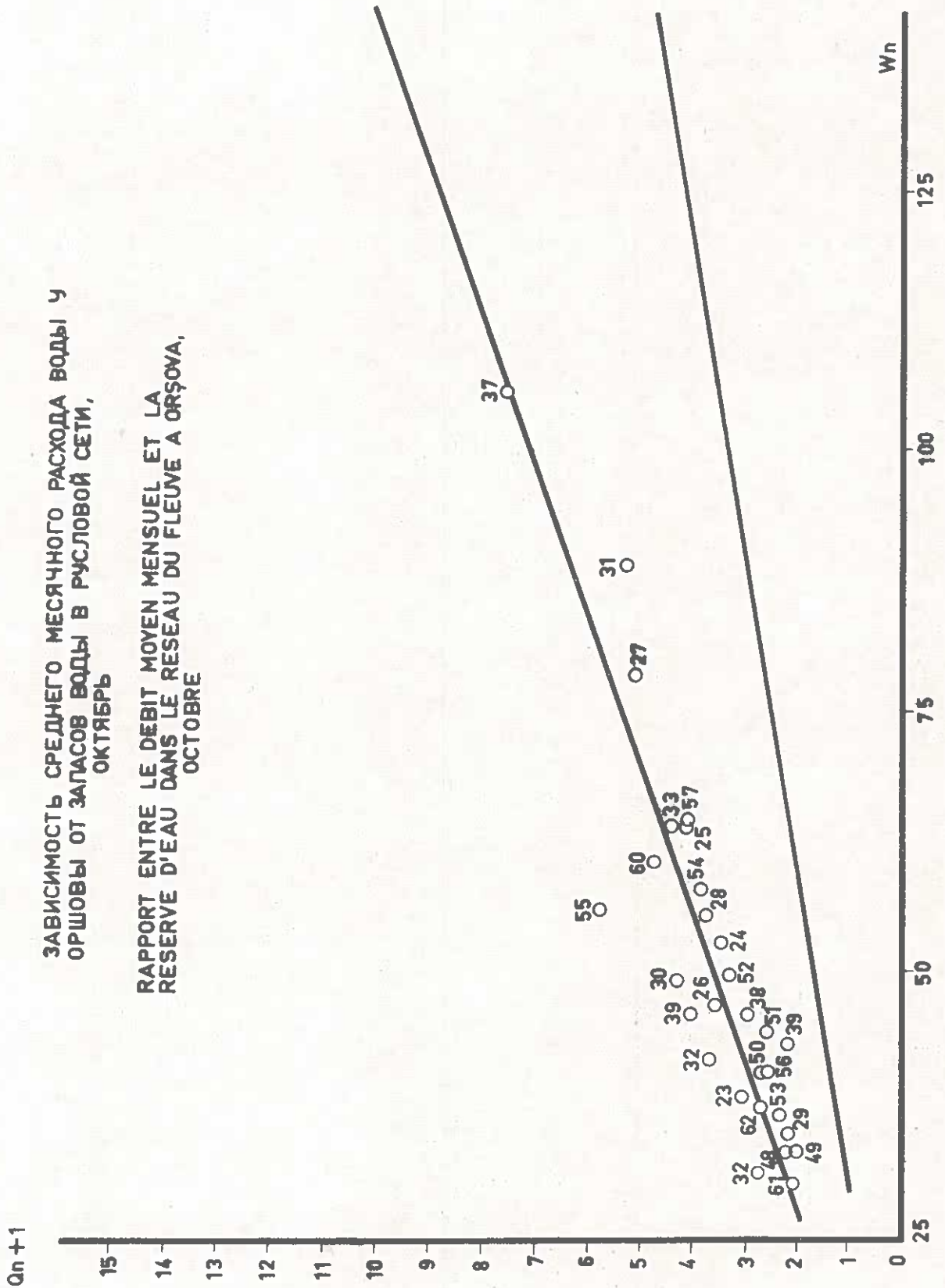
Рис. 7.
 Fig. 7.

	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

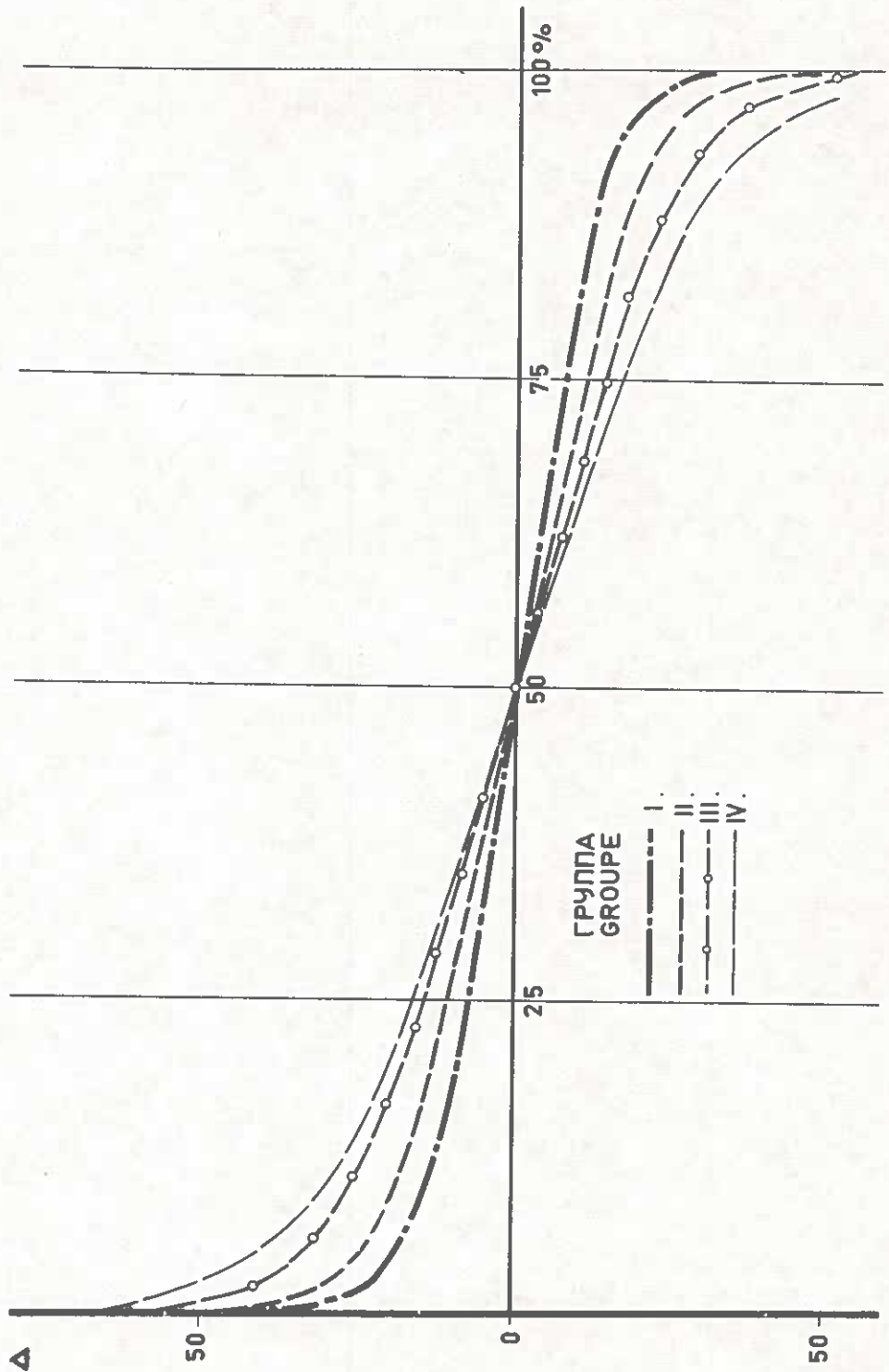


ЗАВИСИМОСТЬ СРЕДНЕГО МЕСЯЧНОГО РАСХОДА ВОДЫ У
 ОРШОВЫ ОТ ЗАПАСОВ ВОДЫ В РУСЛОВОЙ СЕТИ,
 ОКТЯБРЬ

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

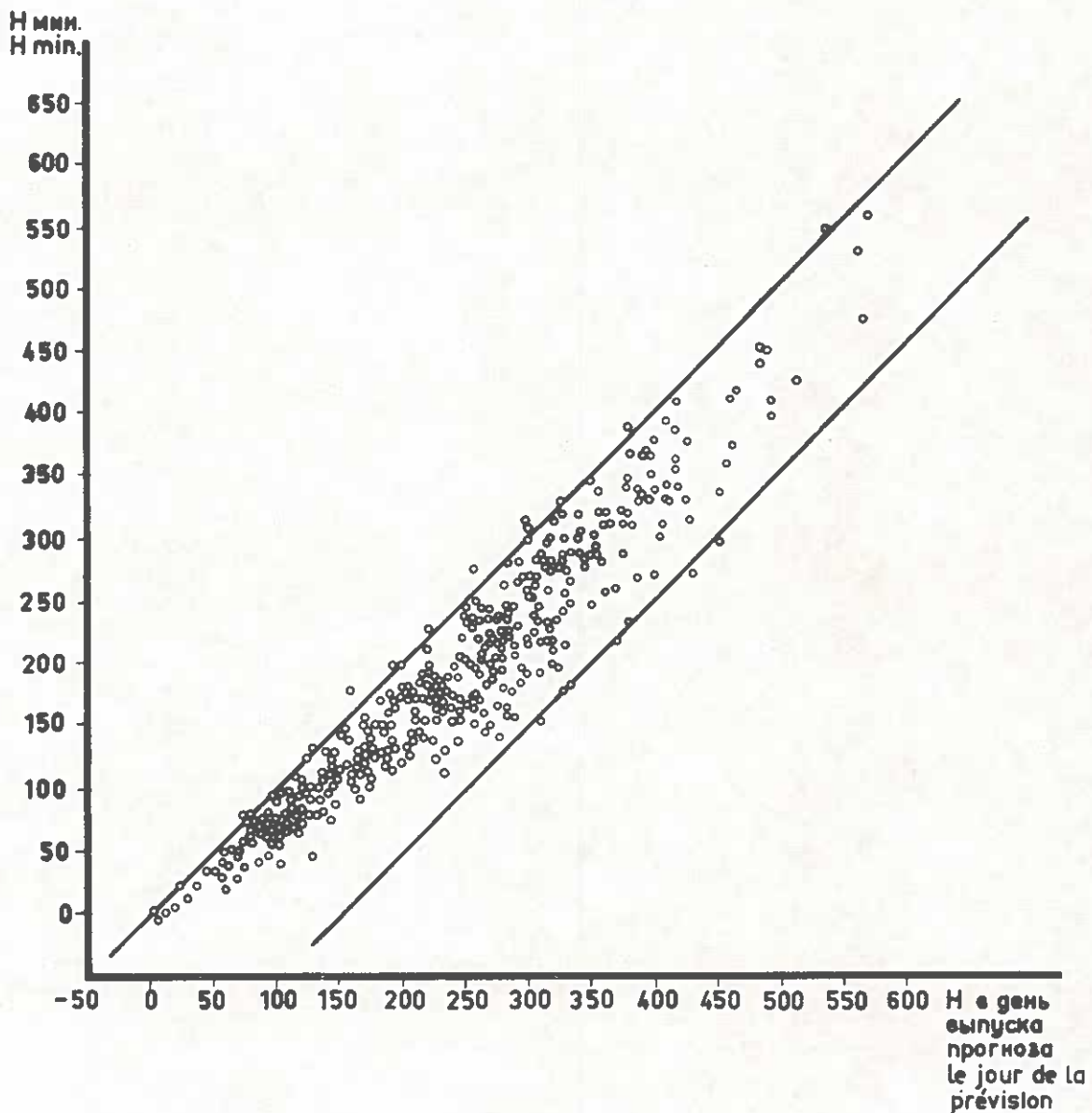


КРИВАЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОШИБОК ДЕКАДНЫХ ПРОГНОЗОВ
НАИНИЗШИХ УРОВНЕЙ ВОДЫ У ОРШОВЫ
COURBE DE LA PROBABILITE D'ERREURS DANS LA PREVISION DECADEAIRE
DES NIVEAUX LES PLUS BAS A ORȘOVA



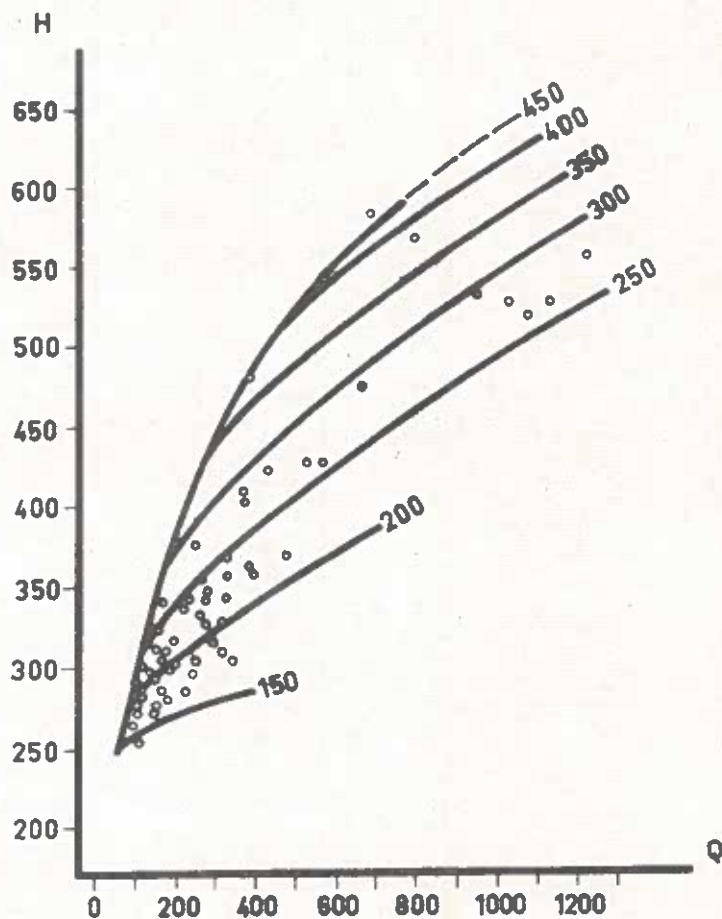
ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ МИНИМАЛЬНЫМИ ДЕКАДНЫМИ УРОВНЯМИ
ВОДЫ И УРОВНЯМИ В ДЕНЬ ВЫПУСКА ПРОГНОЗА У ОРШОВЫ

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

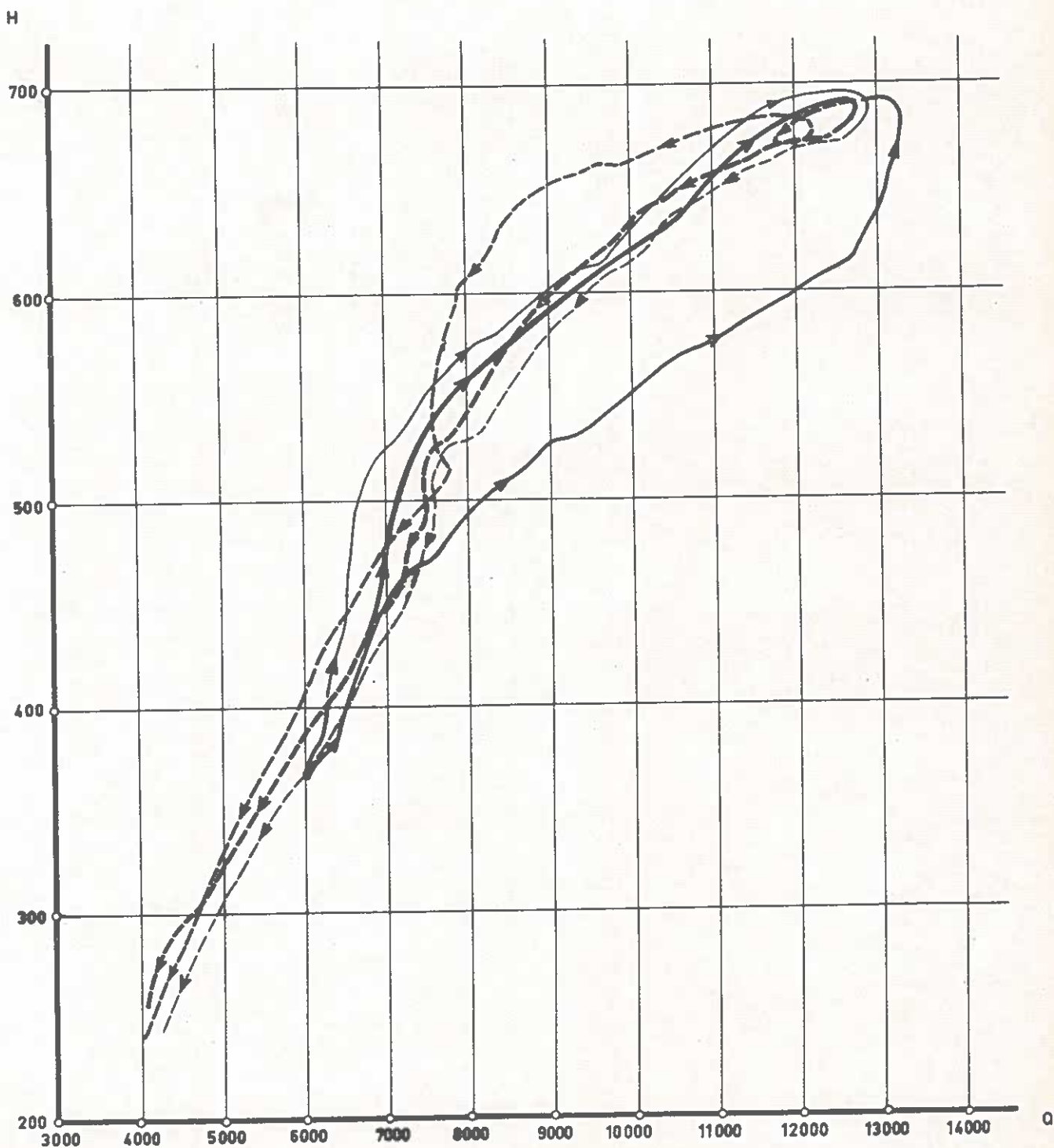
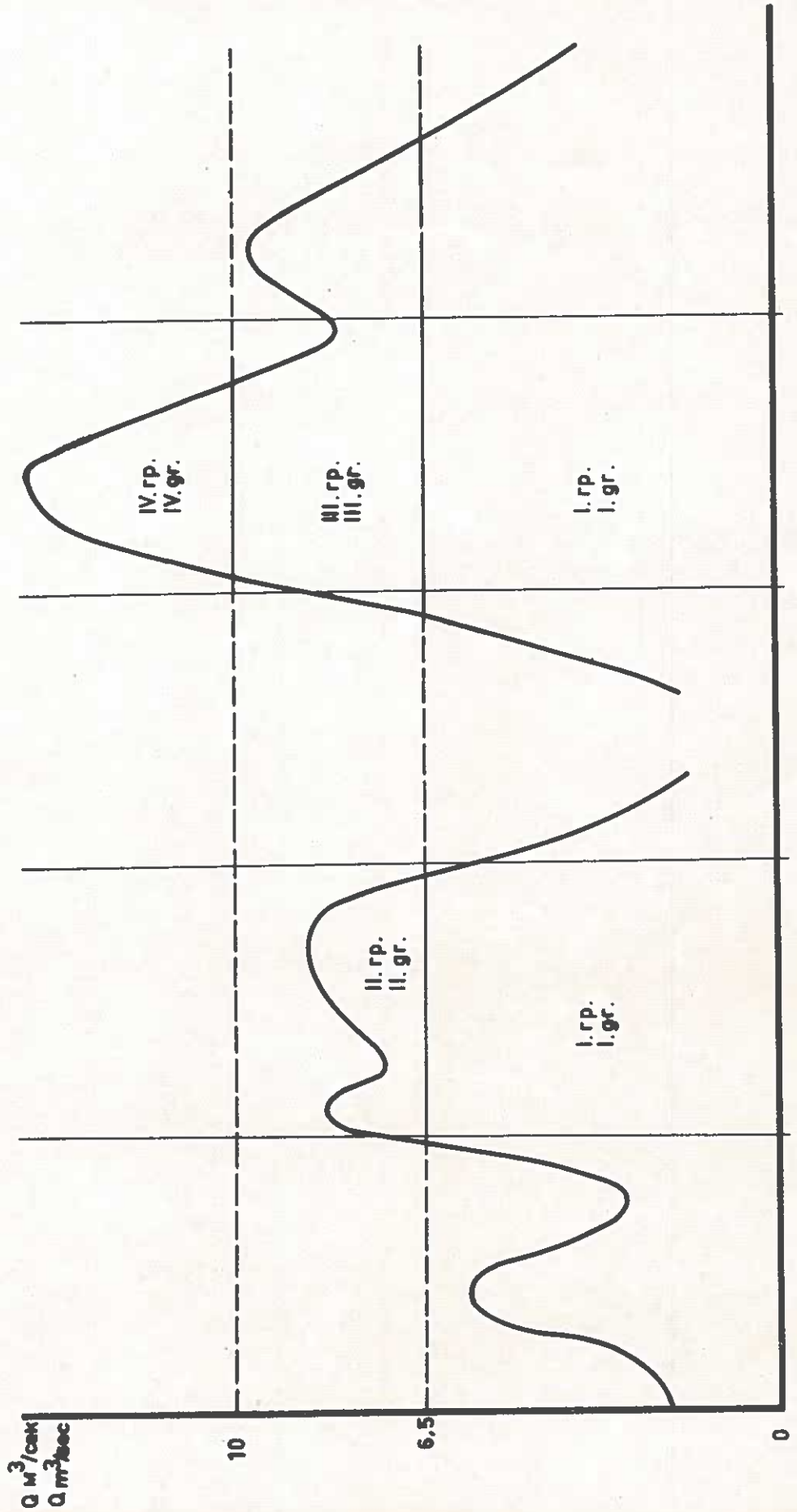
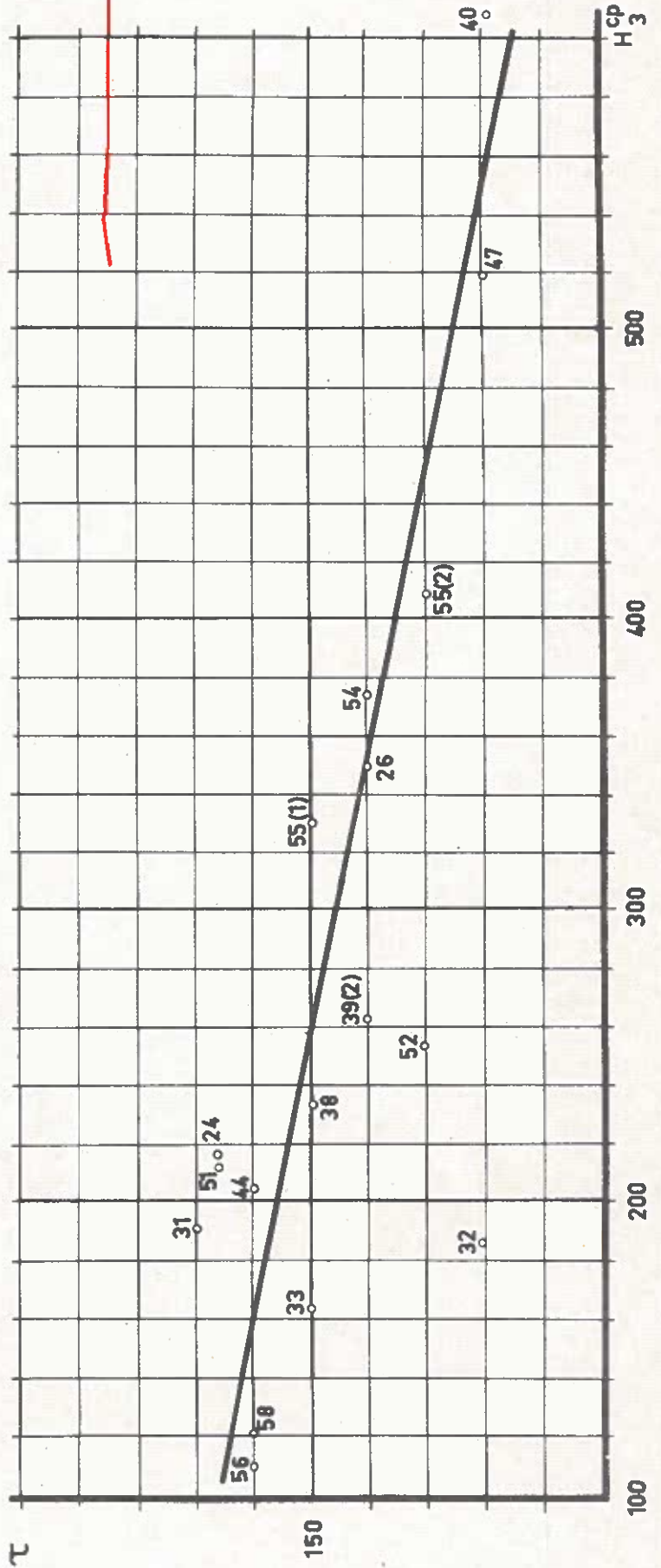


СХЕМА ДЕЛЕНИЯ ГИДРОГРАФА НА ГРУППЫ
REPARTITION EN GROUPES DE L'HYDROGRAMME

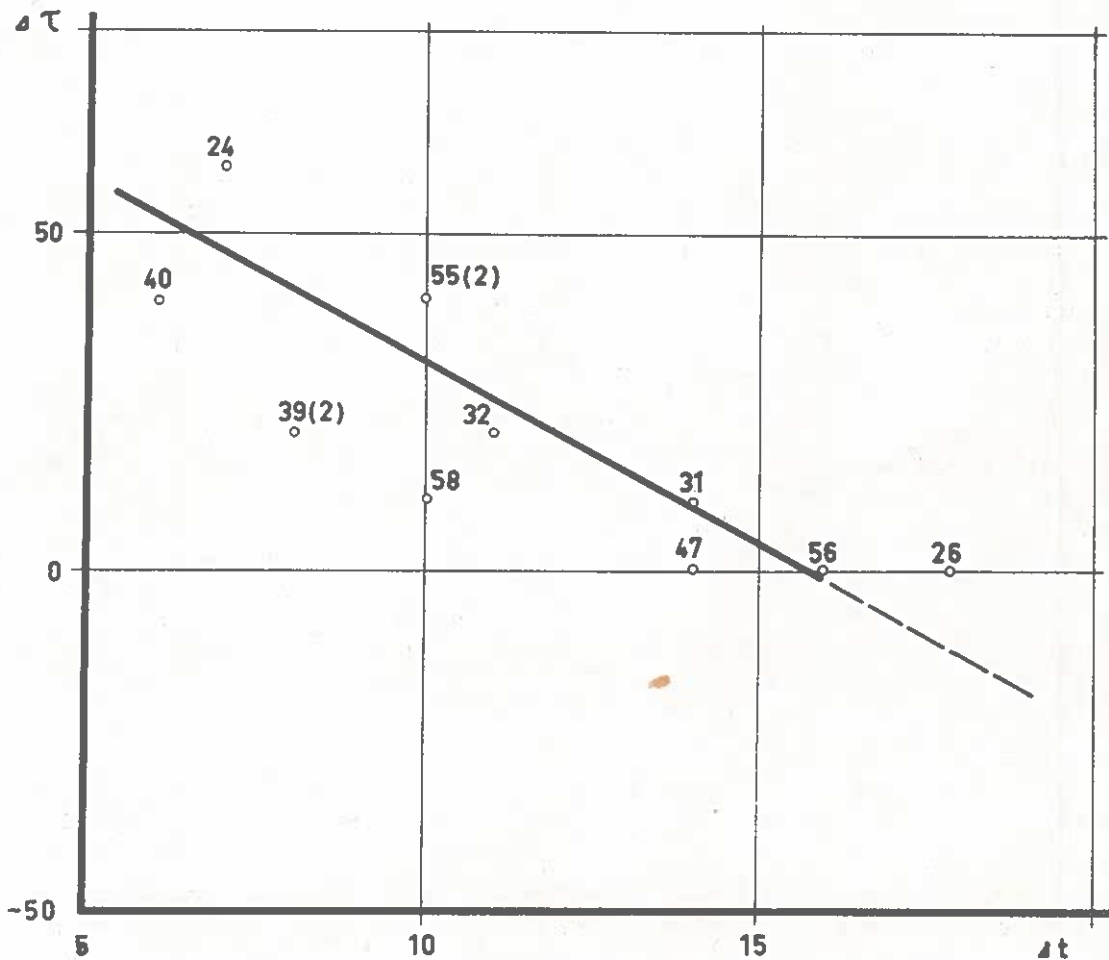


ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ ДОБЕГАНИЯ ОТ СТЕПЕНИ ЗАПОЛ-
НЕННОСТИ ПОЙМЫ ВОДОЙ НА УЧАСТКЕ ОРШОВА-ОЛТЕНИЦА
RAPPORT ENTRE LE TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT ET LE VOLUME DE LA
MASSE D'EAU DANS LE LIT MAJEUR DANS LE SECTEUR ORSOVA-OLTENIȚA

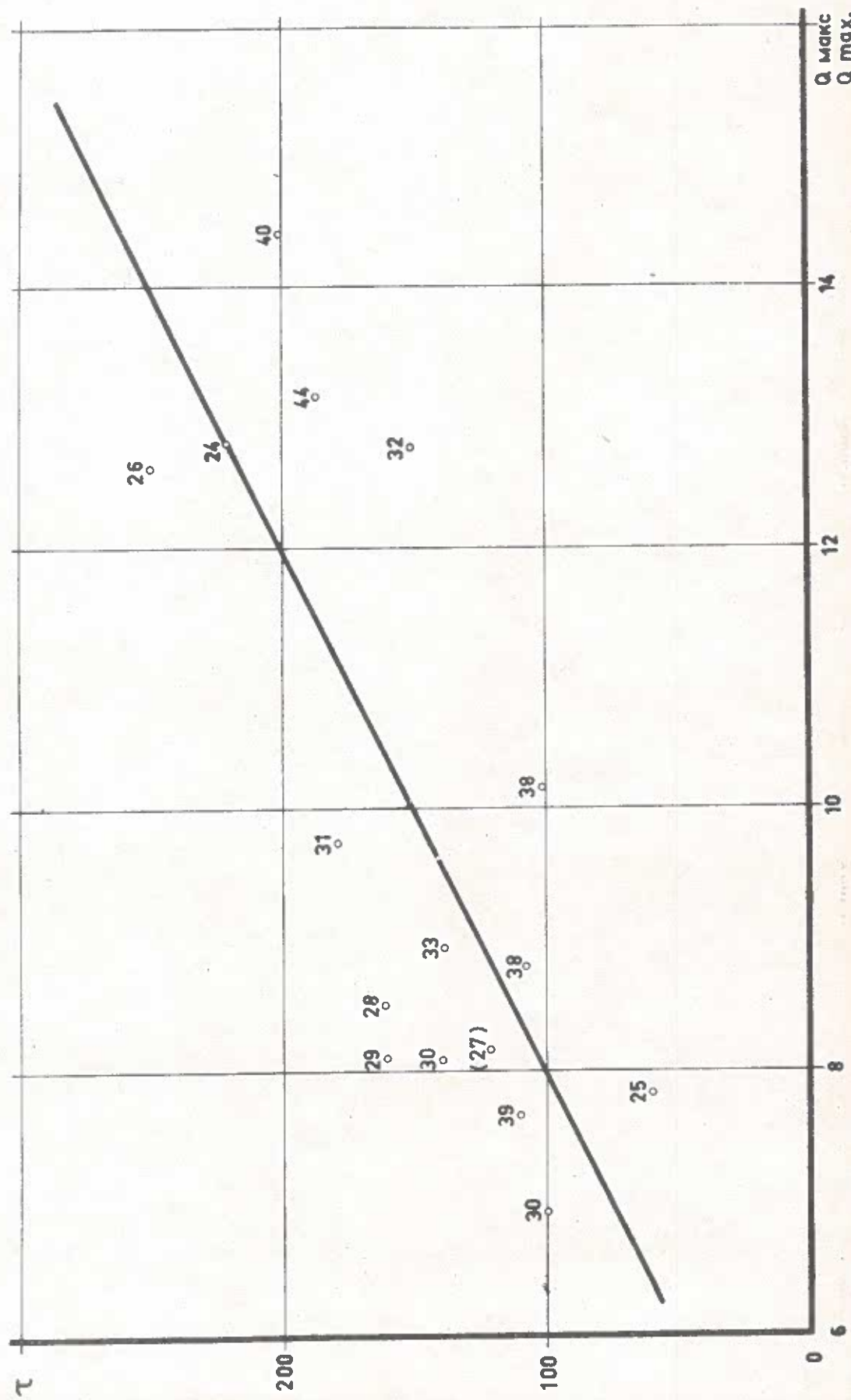


ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ВРЕМЕНИ ДОБЕГАНИЯ ОТ ИНТЕН-
СИВНОСТИ ПОДЪЕМ ПАВОДКА НА УЧАСТКЕ ОРШОВА-ОЛТЕНИЦА

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

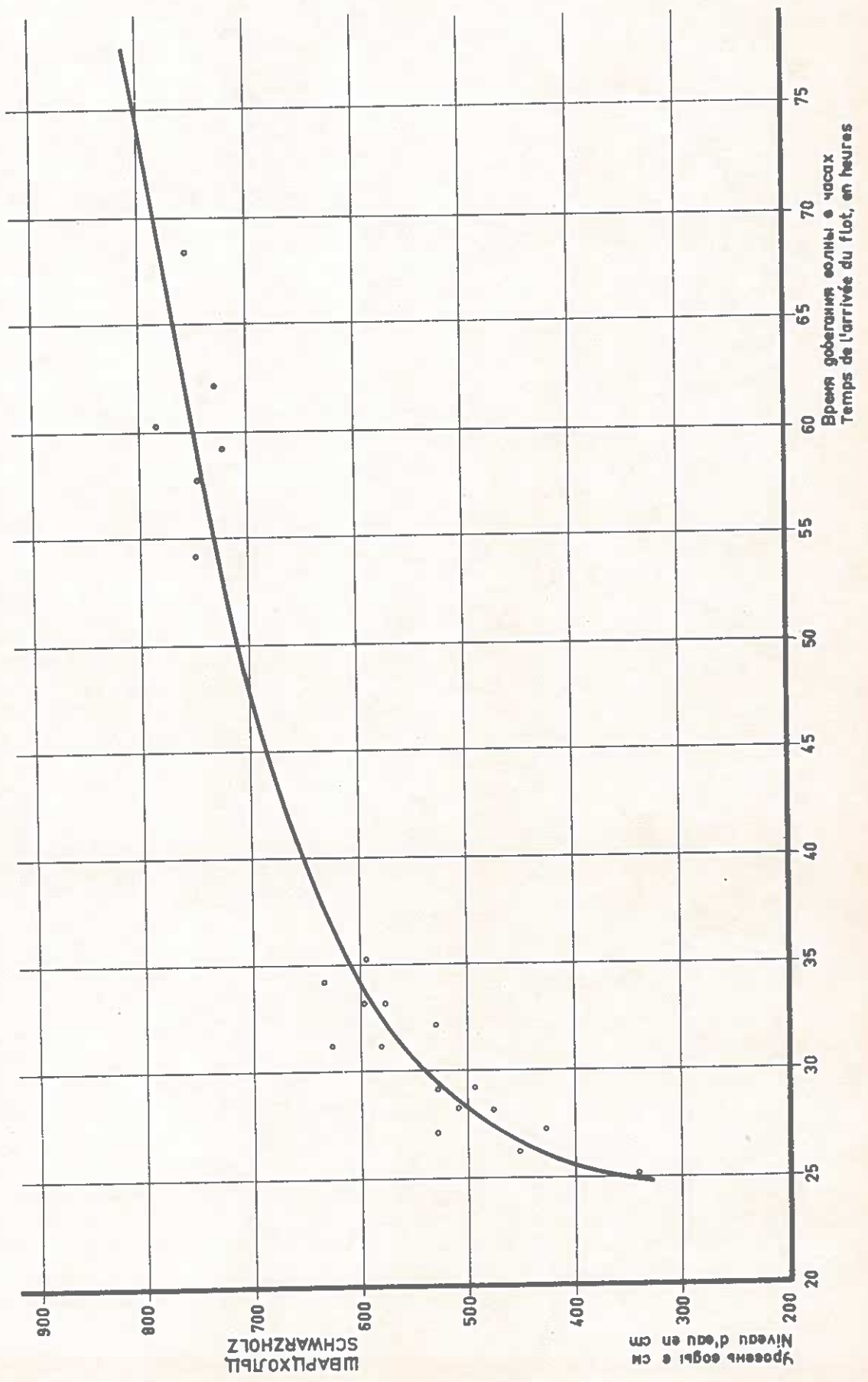


ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ ДОБЕГАНИЯ НА УЧАСТКЕ ОЛТЕНИЦА -
 БРАИЛА ОТ МАКСИМАЛЬНОГО РАСХОДА ВОДЫ У ОЛТЕНИЦЫ
 RAPPORT ENTRE LE TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT SUR LE SECTEUR
 OLTENIȚA - BRAILA ET LE DEBIT D'EAU MAXIMUM A OLTENIȚA



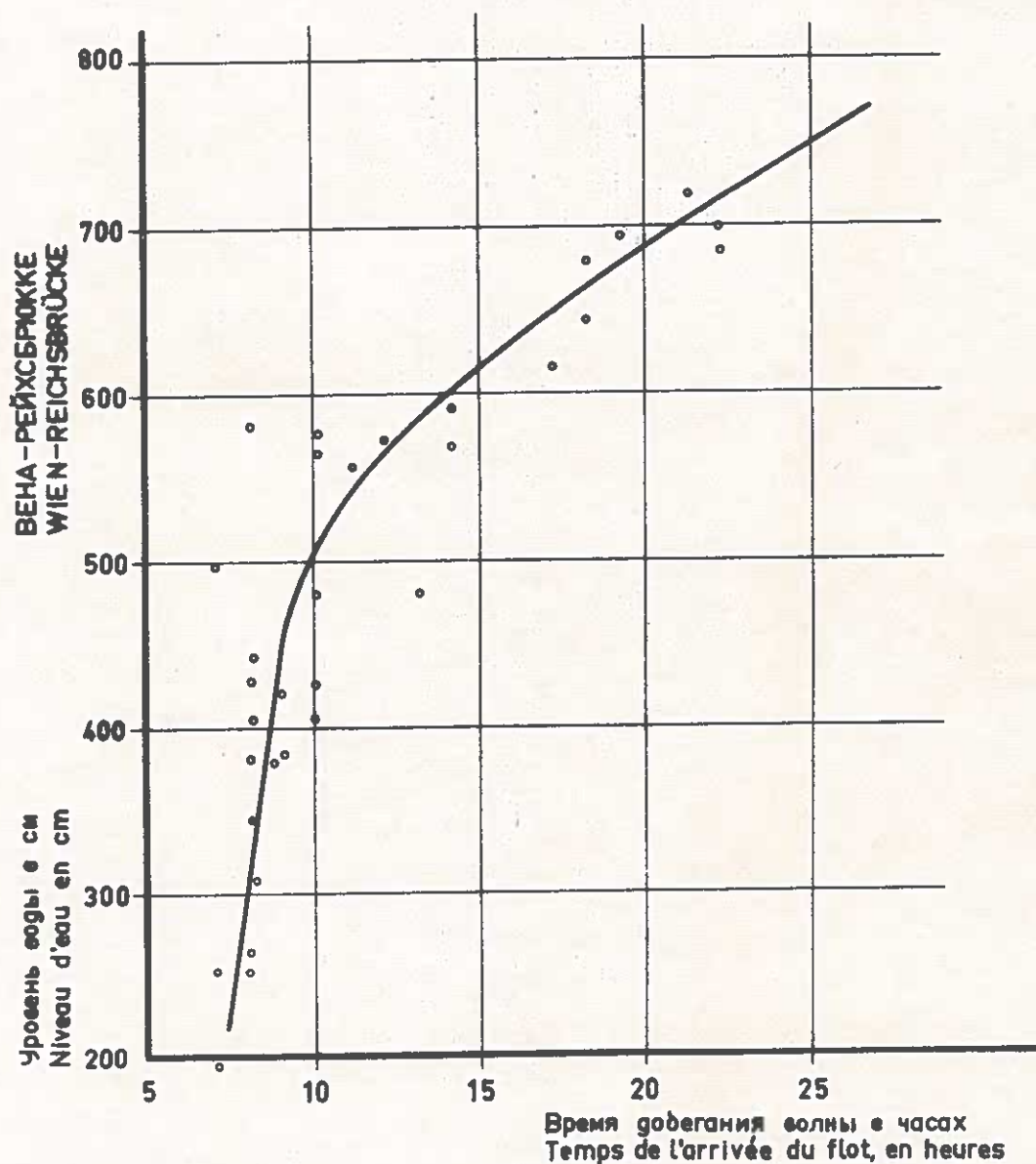
ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ ВОЛНЫ
TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT

ШВАРЦХОЛЦ - БРАТИСЛАВА
SCHWARZHOLZ - BRATISLAVA



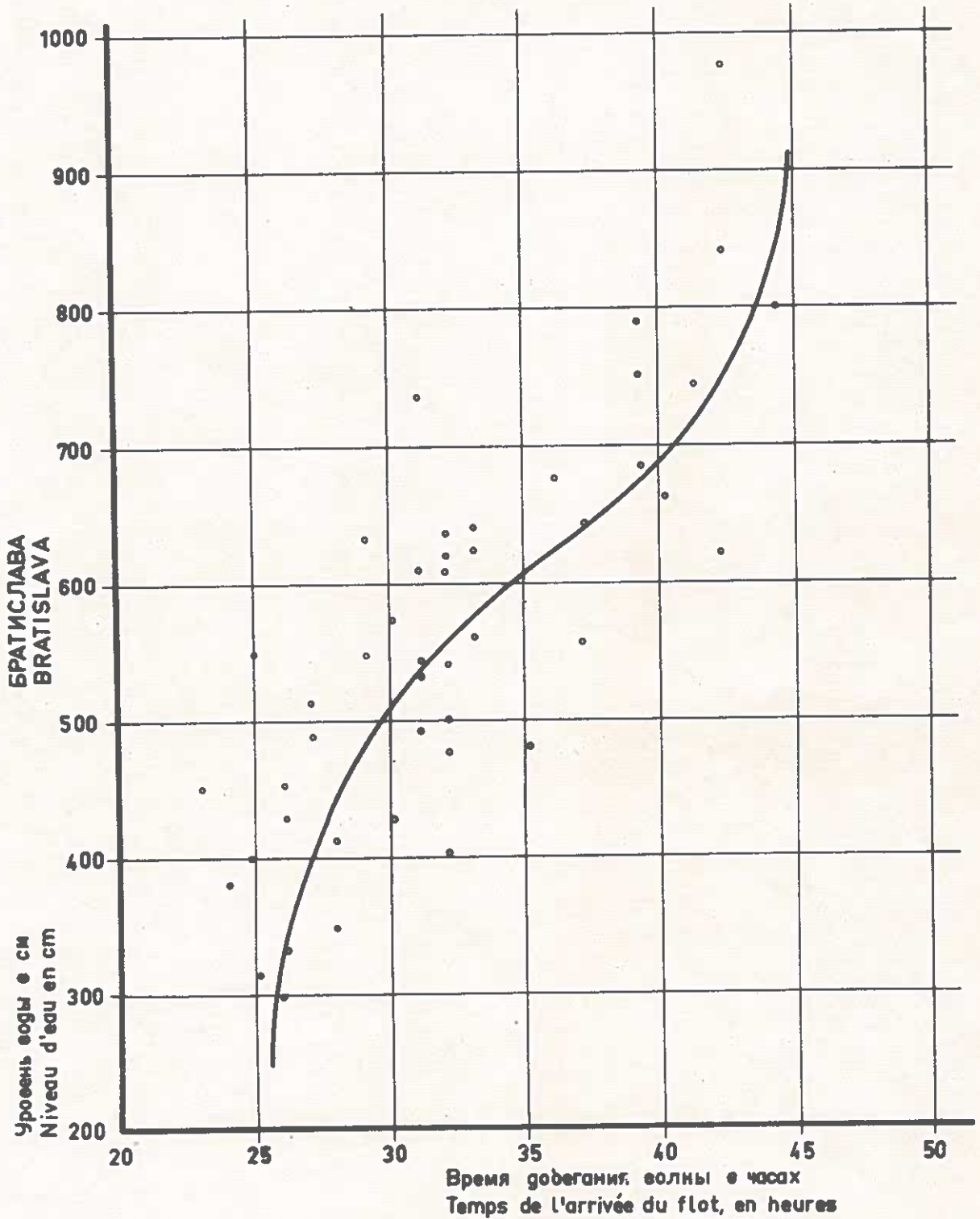
ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ ВОЛНЫ
TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT

ВЕНА - БРАТИСЛАВА
WIEN - BRATISLAVA



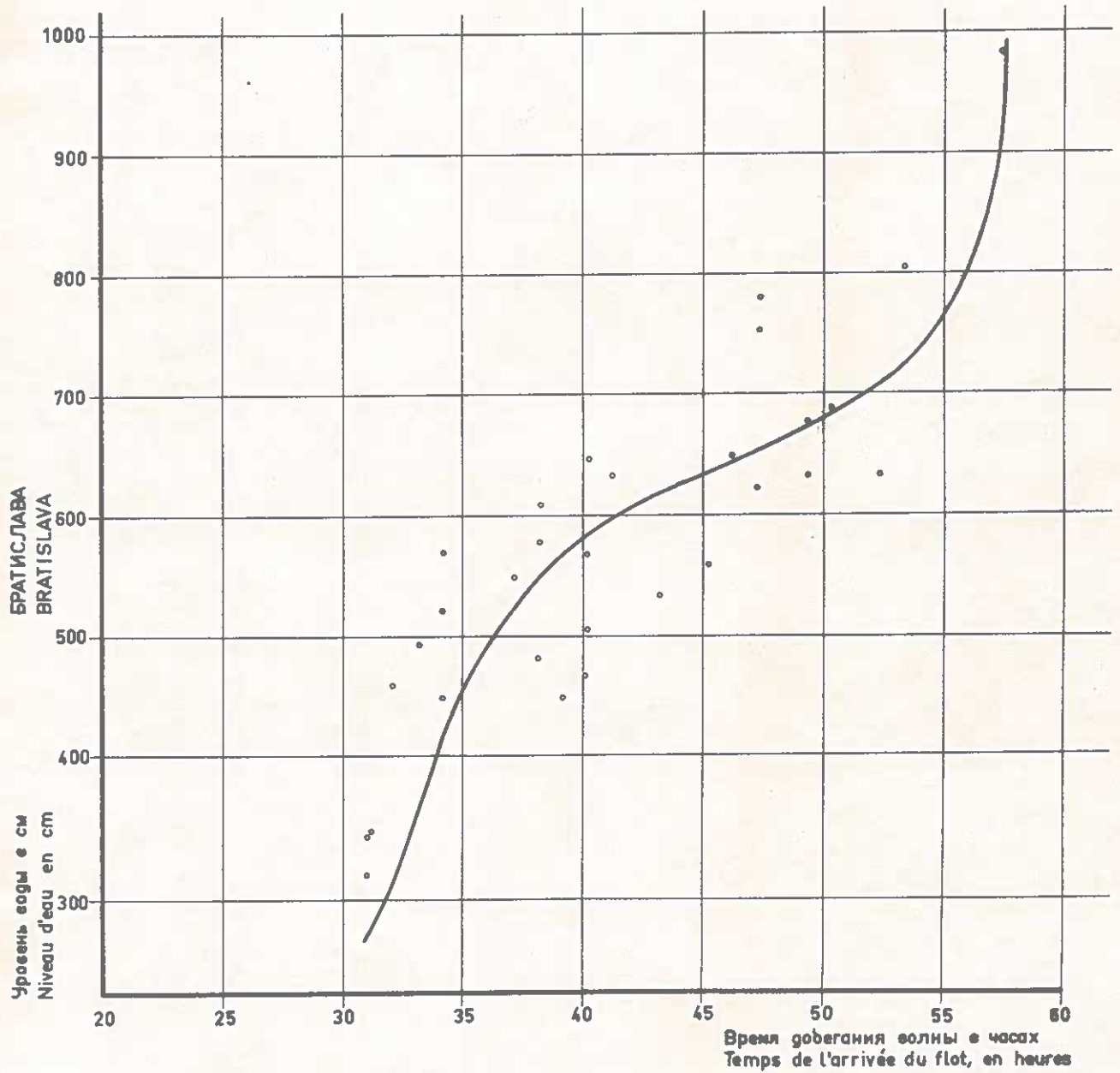
ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ ВОЛНЫ
TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT

БРАТИСЛАВА - КОМАРНО
BRATISLAVA - KOMARNO

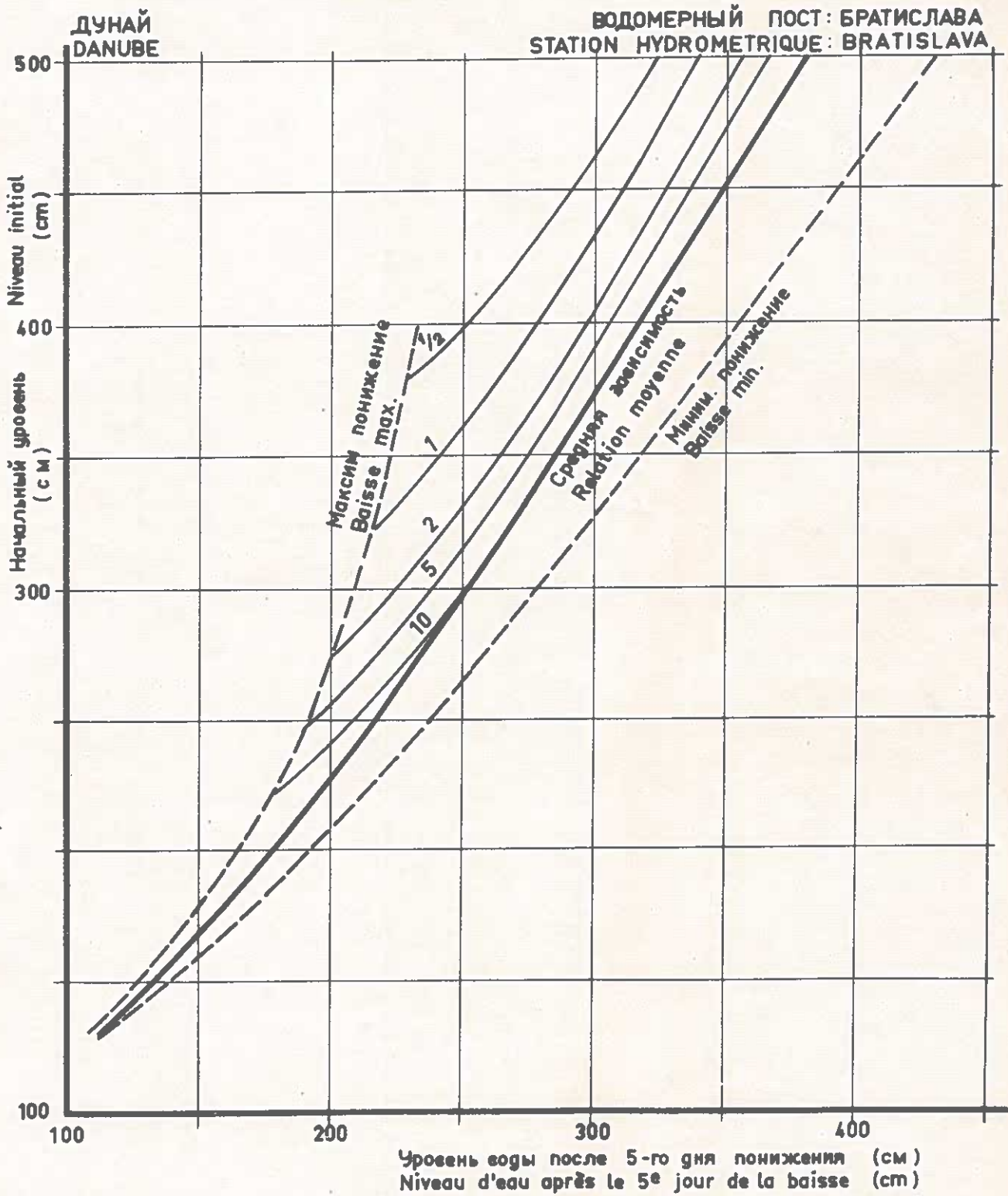


ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ ВОЛНЫ
TEMPS DE L'ARRIVEE DU FLOT

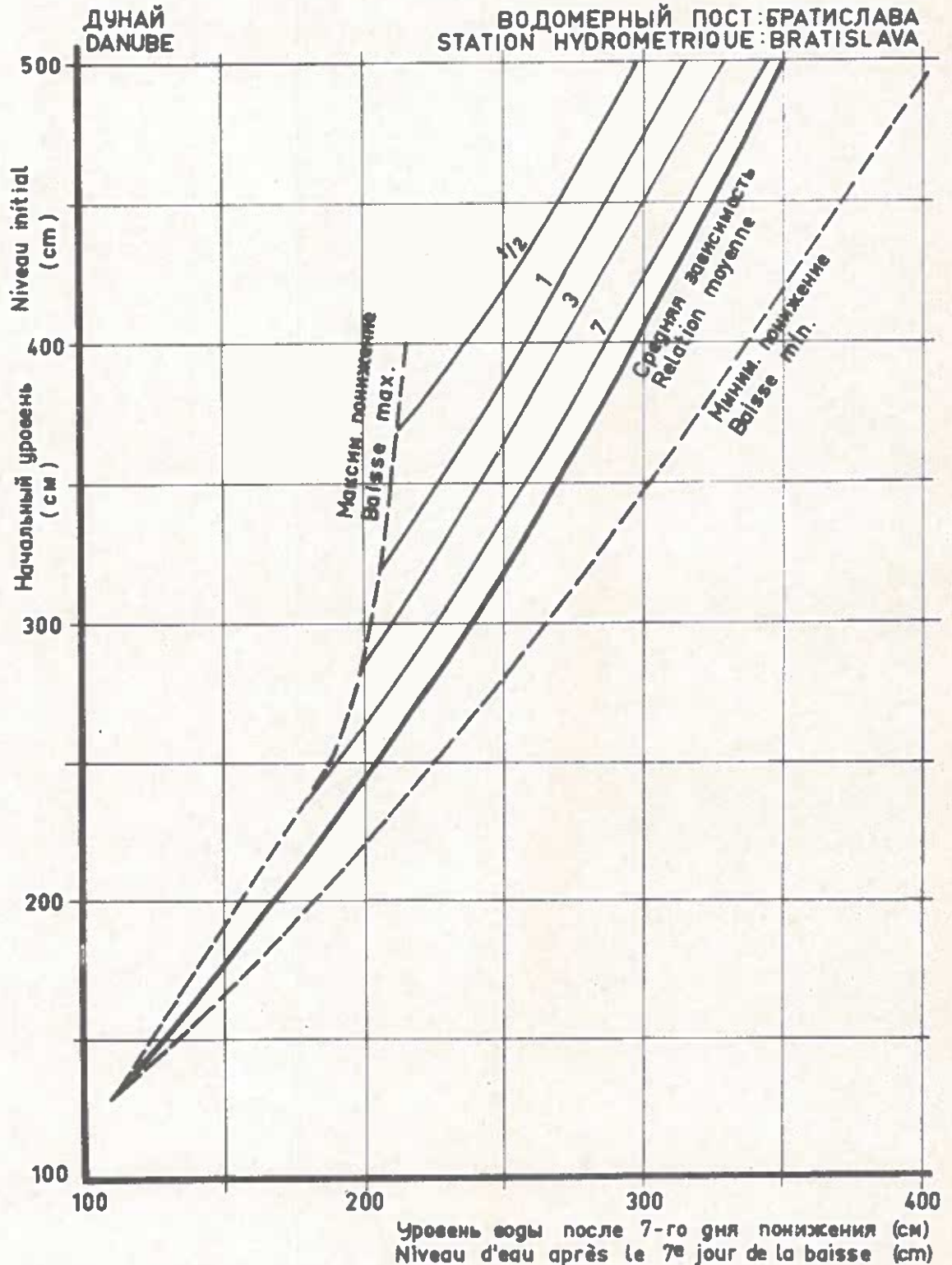
БРАТИСЛАВА - ЩУРОВО
BRATISLAVA - ŠTÚROVO



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

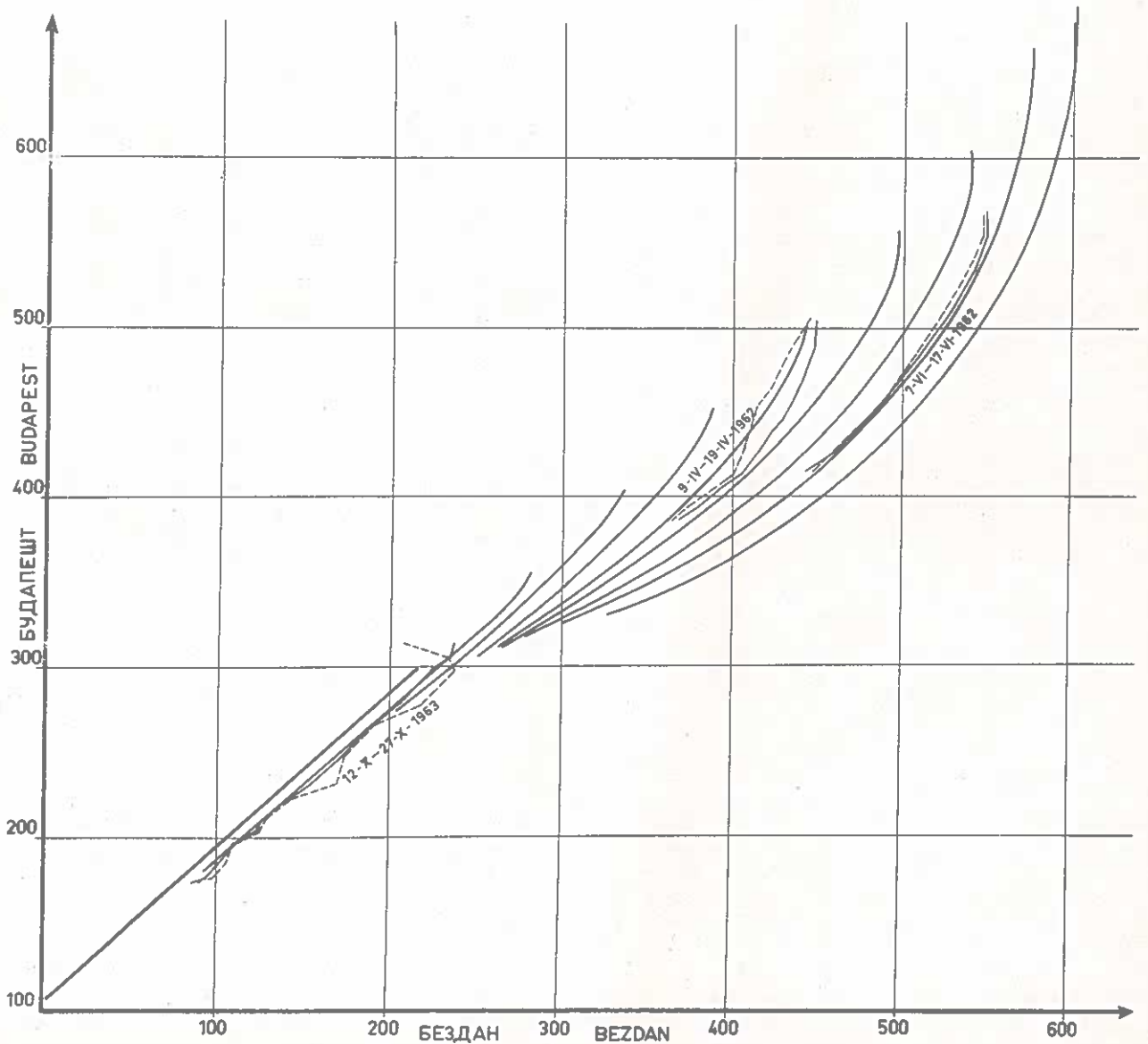


ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ВОДЫ
ПОСЛЕ СЕДЬМОГО ДНЯ ПОНИЖЕНИЯ
CHANGEMENT DU NIVEAU D'EAU
APRES LE SEPTIEME JOUR DE LA BAISSE



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)

