

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК**

до лабораторних робіт (чергування)

з дисципліни

**“Гідрологічні прогнози”**

**Затверджено**

методичною радою університету

протокол № 6 від 25.03.2004

Одеса-2004

Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт (чергування) з дисципліни “Гідрологічні прогнози” для студентів IV курсу денної форми навчання за спеціальністю “Гідрологія та гідрохімія“. / Шакірзанова Ж.Р.– Одеса, ОДЕКУ, 2004. – 45 с., укр. мова.

## ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	4
Практичне завдання 1.....	4
1 Територіальні прогнози шарів весняного стоку.....	4
1.1 Методика довгострокового прогнозу шарів стоку.....	4
1.2 Узагальнення по території норм шарів весняного стоку, максимальних запасів води у сніговому покриві і рідких опадів періоду весняного водопілля.....	6
1.3 Узагальнення по території норм вологості та промерзання ґрунтів.....	7
1.4 Визначення прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля.....	9
1.5 Визначення забезпеченості прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля.....	9
1.6 Просторове представлення прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля.....	10
1.7 Оцінка якості методики довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля.....	10
1.8 Порядок складання територіального довгострокового прогнозу шарів стотку весняного водопілля.....	12
Практичне завдання 2.....	24
2 Територіальні прогнози максимальних витрат води весняного водопілля.....	24
2.1 Методика довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля.....	24
2.2 Просторове представлення прогнозних величин максимальних витрат води весняного водопілля.....	27
2.3 Оцінка якості методики довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля.....	28
2.4 Порядок складання територіального довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля.....	28
Перелік літератури.....	38
Додатки.....	40

## **ВСТУП**

Існуючи моделі по довгостроковому прогнозуванню елементів весняного водопілля – шарів стоку і максимальних витрат води, розроблені в основному по річках із тривалими періодами спостережень і, головним чином, для великих водозборів [1,2,3].

Проте, досить часто, особливо в катастрофічно високі водопілля потрібна оцінка характеристик весняного стоку в цілому для великих регіонів, у тому числі й для річок, не досить вивчених у гідрологічному відношенні.

Така задача може бути вирішена на основі розробки територіальних прогностичних методик, які дозволяли б розраховувати величини максимальних весняних витрат води або шарів стоку водопілля для будь-якого, навіть невеликого, окремого басейну. Розробку територіальних методик для підвищення їх надійності необхідно сполучати з районуванням території за ландшафтно-гідрологічними ознаками.

Для періоду весняного водопілля територіальні методики розроблені в основному для довгострокового прогнозу шарів стоку. Вони спираються на побудову узагальнених по низці річок залежностей шарів стоку від чинників, які його обумовлюють [5]. Формою представлення таких прогнозів є фонові карти очікуваних шарів весняного стоку.

Однак, визначити розміри майбутнього весняного водопілля, особливо на невивчених річках, представляється можливим на підставі карт не в фактичних, а в відносних величинах модульних коефіцієнтів очікуваної величини. Крім того, доцільно мати у своєму розпорядженні ще й карту ймовірності перевищення прогнозованої характеристики у багаторічному розрізі.

### **Практичне завдання 1**

## **1 ТЕРИТОРІАЛЬНІ ПРОГНОЗИ ШАРІВ ВЕСНЯНОГО СТОКУ**

### **1.1. Методика довгострокового прогнозу шарів стоку**

В якості методичної бази для територіального довгострокового прогнозу стоку весняного водопілля приймаються залежності модульних коефіцієнтів шарів стоку від сумарних запасів води в сніговому покриві і весняних опадів (виражених відносно їх середнього багаторічного

значення) для річок, по яких є багаторічні ряди гідрометеорологічних спостережень у вигляді:

$$Y_m / Y_0 = f[(S_m + X_1 + X_2) / (S_0 + X_{1_0} + X_{2_0})] \quad (1.1)$$

або, що те ж саме,

$$k_{Y_m} = f(k_X), \quad (1.2)$$

де  $Y_m$  і  $Y_0$  - шар весняного стоку і його норма;  $S_m$  і  $S_0$  - максимальний запас води в сніговому покриві і його норма;  $X_1$  і  $X_{1_0}$  - опади періоду танення снігу і їх норма;  $X_2$  і  $X_{2_0}$  - опади періоду спаду весняного водопілля і їх норма;  $k_{Y_m} = Y_m / Y_0$  - модульний коефіцієнт шару стоку весняного водопілля;  $k_X$  - модульний коефіцієнт сумарного надходження води на водозбір у період весняного водопілля

$$k_X = (S_m + X_1 + X_2) / (S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}). \quad (1.3)$$

При побудові залежностей для прогнозу шарів стоку весняного водопілля здійснюється типізація водопіль за їх водністю (багато-, середньо- і маловодні), з використанням багатомірної статистичної моделі, наприклад, дискримінантної функції (DF), яка ураховує комплекс чинників, які впливають на умови формування весняного водопілля. Функція DF записується у вигляді

$$DF = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m, \quad (1.4)$$

де  $A = (a_0, a_1, \dots, a_m)$  - вектор коефіцієнтів дискримінантної функції;  $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$  - вектор обмірюваних ознак (вектор-предиктор);  $m$  - кількість обмірюваних ознак.

У вектор-предиктор дискримінантної функції можуть бути включені такі чинники водопілля, як сумарні запаси вологи на водозборі, що беруть участь у формуванні весняного водопілля, індекси зволоження ґрунтів і глибини їх промерзання та інші, виражені в модульних коефіцієнтах.

За знаком дискримінантних рівнянь (більше або менше нуля) водопілля на річках можна диференціювати по типах водності - шар стоку більше, біля норми або нижче норми. Побудовані прогностичні зв'язки вигляду (1.1) можна описати рівняннями поліному  $n$ -степені (але не вище 3-ї) у вигляді

$$k_{Y_m} = b_0 + b_1k_X + b_2k_X^2 + b_3k_X^3, \quad (1.5)$$

де  $b_0, b_1, b_2, b_3$  – коефіцієнти поліному.

Для районів з близькими умовами формування весняного водопілля дискримінантні рівняння звичайно стійкі, а криві можуть бути узагальнені по річках таких районів.

## 1.2 Узагальнення по території норм шарів весняного стоку, максимальних запасів води у сніговому покриві і рідких опадів періоду весняного водопілля

Просторове узагальнення норм шарів стоку весняного водопілля і середніх багаторічних величин максимальних запасів води в сніговому покриві в залежності (1.1) виконується на основі побудови карт зміни цих величин по території. Так, наприклад, для території півдня України норма весняного стоку водопілля  $Y_0$  (рис.1.1) зменшується в широтному напрямку - із півночі від 30-40 мм на південь – до 8-10 мм.

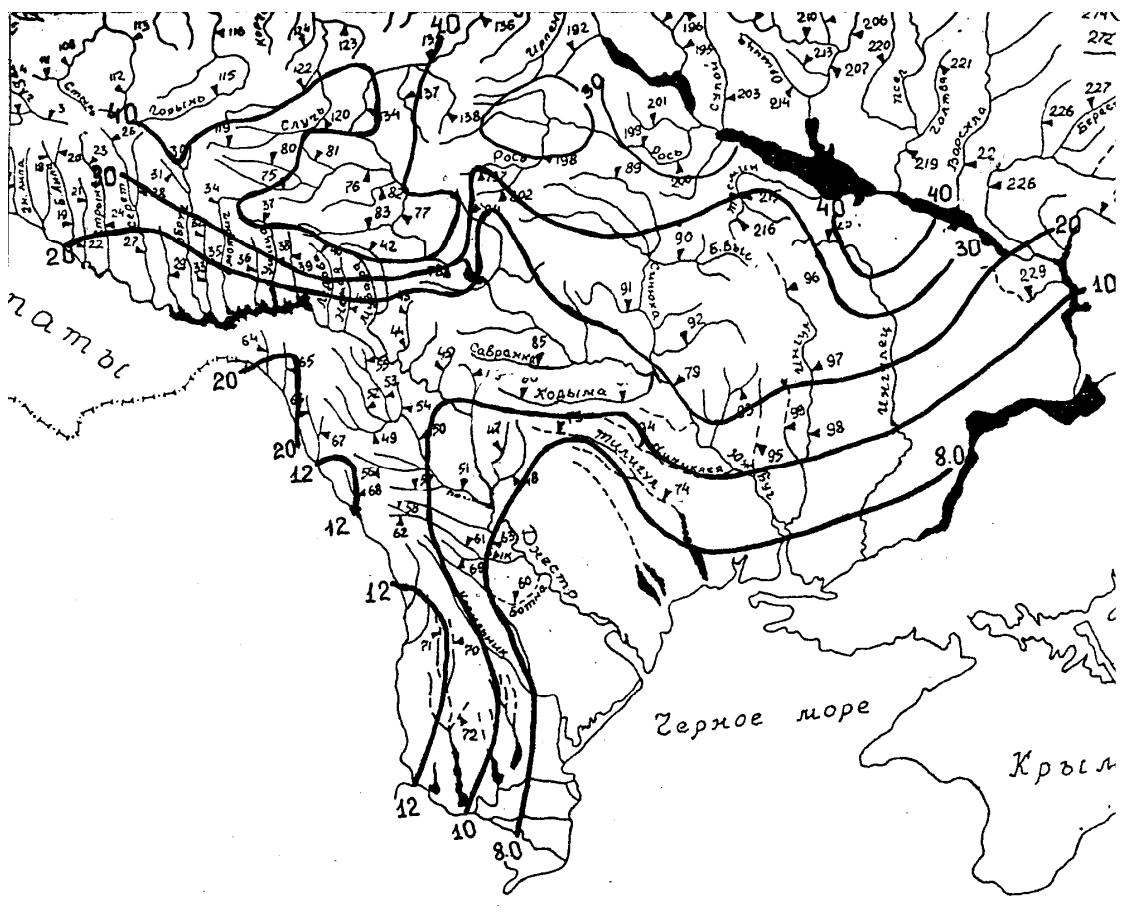


Рисунок 1.1 – Розподіл по території середніх багаторічних шарів стоку весняного водопілля (мм)

Зміна по території середніх багаторічних запасів води в сніговому покриві  $S_0$  (рис.1.2) відбувається в тому ж напрямку, що і норм весняного стоку, тобто зменшуючись із півночі (від 60 мм) на південь (до 20 мм).

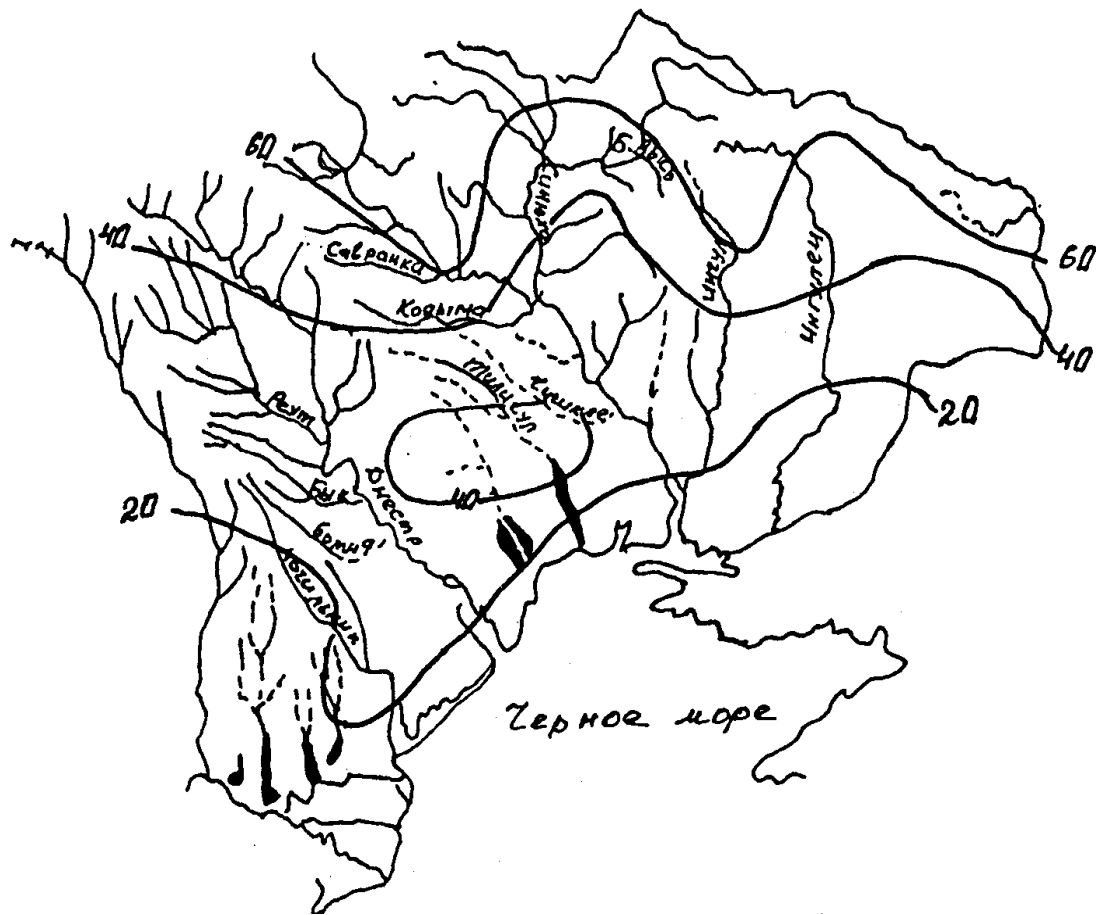


Рисунок 1.2 – Розподіл по території середніх багаторічних запасів води в сніговому покриві (мм)

Оцінку середніх багаторічних величин весняних опадів  $X_{1_0}$  і  $X_{2_0}$  в прогнозованому варіанті можна виконувати шляхом їх визначення по залежностях лінійного типу

$$X_{1_0} = [2,64 + 0,93(\varphi^0 - 47)] \lg(F + 1); \quad (1.6)$$

$$X_{2_0} = [13,2 + 3,63(\varphi^0 - 47)] \lg(F + 1). \quad (1.7)$$

### 1.3 Узагальнення по території норм вологості та промерзання ґрунтів

У розроблювальній прогнозній схемі у вектор-предиктор дискримінантної функції в якості інтегральної характеристики зволоження

водозборів прийнятий середній річковий модуль стоку з вересня попереднього по січень поточного ( $q_{09-01}$ , л/с км<sup>2</sup>) року, віднесений до його норми ( $q_{09-01}$ )<sub>0</sub>

$$(k_{q_{09-01}})_i = \frac{(q_{09-01})_i}{(q_{09-01})_0}, \quad (1.8)$$

а  $(q_{09-01})_i$  - середній модуль стоку з вересня по січень для  $i$ -ї весни.

У випадку відсутності спостережень прийняту характеристику зволоження ґрунтів можна визначити за встановленими залежностями середньої витрати води з вересня по січень  $Q_{09-01}$  від площі водозборів. Так, для норми  $(q_{09-01})_0$  величини отримано рівняння

$$(q_{09-01})_0 = 0,063 (F+1)^{0,34}, \text{ л/с км}^2. \quad (1.9)$$

У якості фактору втрат води під час водопілля при дискримінантному аналізі приймалися найбільші значення глибин промерзання ґрунтів (під озимими) перед початком весняного танення снігу, осереднені по водозборах з урахуванням даних усіх пунктів спостережень, розташованих у їх межах, і віднесені до норм промерзання, тобто

$$(k_L)_i = \frac{L_i}{L_0}, \quad (1.10)$$

де  $L_i$  - середнє по водозбору значення максимальної глибини промерзання ґрунту для  $i$ -го року;  $L_0$  - норма максимальної глибини промерзання на водозборі.

Узагальнення  $L_{0j}$ , розрахованих для кожного пункту спостережень (по даних на агрометстанціях), виконано в залежності від широтного положення пунктів. У цілому при збільшенні широти, тобто при переході з південних у більш північні райони глибини промерзання збільшуються у відповідності з рівнянням

$$L_{0j} = L_{0j(\varphi=47^0)} + a_\varphi (\varphi^0 - 47), \quad (1.11)$$

де  $L_{0j(\varphi=47^0)}$  - значення глибини промерзання на широті  $\varphi = 47^0$  п.ш.;  $a_\varphi$  - тангенс кута нахилу лінії зв'язку до осі абсцис.



Для досліджуваної території  $a_\varphi = 7,67$ , а  $L_{0j(\varphi=48^\circ)} = 46$  см.

#### **1.4 Визначення прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля**

При наявності регіональних залежностей вигляду (1.1), а також даних снігомірних зйомок, використовуючи карту  $S_0$  (рис.1.2) і визначені за рівняннями (1.6) і (1.7) середньо багаторічні значення дощових опадів під час весняного водопілля  $X_{1_0}$  і  $X_{2_0}$ , знаходиться  $Y_m/Y_0$ , чисельними значеннями яких є модульні коефіцієнти

$$k_{Y_m} = \frac{Y_m}{Y_0}. \quad (1.12)$$

Перехід від  $k_{Y_m}$  до очікуваних значень шарів стоку весняного водопілля  $Y_m$  такий:

$$Y_m = k_{Y_m} Y_0, \text{ мм}, \quad (1.13)$$

де  $Y_0$  - норма шару весняного стоку, яка розраховується для кожної конкретної річки за часовим рядом спостережень на ній, або ж визначається за картою розподілу  $Y_0$  по досліджуваній території (див. рис. 1.1) – при відсутності часових рядів на річці.

#### **1.5 Визначення забезпеченості прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля**

В гідрологічній практиці прогнози стоку представляються у вигляді очікуваних величин з вказанням ймовірної похибки [4,6], яка з ймовірністю 50% визначає довірні межі інтервалу, в якому знаходиться дійсне значення прогнозної величини. Не менш актуальним є питання встановлення забезпеченості або ймовірності перевищення прогнозних величин шарів стоку у багаторічному розрізі.

Встановлення забезпеченості прогнозних величин  $Y_m$  для невивчених річок може бути здійснено шляхом статистичної обробки шарів весняного стоку. Встановлено регіональну залежність  $(C_v)_{Y_m}$  від норми весняного стоку

$$(C_v)_{Y_m} = 1,2 - 0,013 Y_0. \quad (1.14)$$

Для оцінки забезпеченості прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля можна використовувати криву трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля при  $(C_s / C_v)_{Y_m} = 1.5$  (табл. 1.1) [17].

Забезпеченість прогнозних величин  $Y_m$  встановлюється у вигляді

$$P_1 < P_{Y_m} < P_2, \quad (1.15)$$

де  $P_1$  і  $P_2$  – верхнє та нижнє значення забезпеченості .

### **1.6 Просторове представлення прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля**

Просторове узагальнення прогнозних шарів весняного стоку виконується шляхом побудови карт зміни по території модульних коефіцієнтів  $k_{Y_m}$ . Одночасно з цим складаються і карти забезпеченості ( $P\%$ ) прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля. Забезпеченість  $P\%$  розраховується на основі кривої трипараметричного гамма-розподілу при встановленому для аналізованої території значенні  $(C_s / C_v)_{Y_m}$  (п. 1.5).

### **1.7 Оцінка якості методики довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля**

Оцінка ефективності і якості методики довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля на річках виконується за критерієм якості  $S/\sigma$ , де  $S$  – середня квадратична похибка прогнозів,  $\sigma$  - середнє квадратичне відхилення прогнозної величини від норми й забезпеченості допустимої похибки  $P\%$  [4].

При прогнозуванні шарів весняного стоку невивчених річок проблемним є оцінка допустимої похибки прогнозу. Отримана залежність  $\delta_{дон}$  від широти центрів тяжіння водозборів річок у вигляді

$$\delta_{дон} = 10,3(\varphi^0 - 47), \text{ мм.} \quad (1.16)$$

Формула дозволяє визначати значення  $\delta_{дон}$  для будь-якої річки, навіть у випадку відсутності на ній спостережень за стоком води.

Таблиця 1.1 - Ординати трипараметричного гама-розподілу ( $C_s/C_v = 1.5$ )

Забезпеченість, Р %	$C_v$									
	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
0.5	3.00	3.41	3.85	4.31	4.80	5.32	5.87	6.44	7.04	7.66
1	2.76	3.11	3.49	3.89	4.30	4.74	5.21	5.70	6.24	6.78
3	2.34	2.60	2.88	3.16	3.46	3.78	4.12	4.48	4.86	5.27
5	2.13	2.34	2.57	2.80	3.03	3.28	3.55	3.83	4.12	4.44
10	1.82	1.97	2.11	2.26	2.41	2.56	2.71	2.86	3.00	3.13
20	1.47	1.54	1.61	1.67	1.72	1.76	1.80	1.82	1.83	1.83
25	1.35	1.39	1.43	1.46	1.48	1.49	1.49	1.48	1.46	1.43
30	1.24	1.27	1.28	1.28	1.28	1.26	1.24	1.20	1.16	1.10
40	1.06	1.05	1.03	0.99	0.95	0.90	0.84	0.766	0.692	0.622
50	0.902	0.862	0.814	0.756	0.69	0.618	0.541	0.463	0.388	0.320
60	0.757	0.695	0.627	0.553	0.475	0.398	0.324	0.253	0.193	0.142
70	0.616	0.538	0.457	0.376	0.298	0.228	0.168	0.118	0.079	0.051
75	0.545	0.460	0.377	0.297	0.223	0.161	0.111	0.072	0.045	0.027
80	0.472	0.384	0.299	0.223	0.156	0.105	0.067	0.039	0.022	0.012
90	0.310	0.222	0.148	0.092	0.053	0.028	0.014	0.006	0.003	0.001

## 1.8 Порядок складання територіального довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля

**Завдання:** скласти довгостроковий прогноз шарів стоку весняного водопілля на річках півдня України у 1986 р.

Гідрометеорологічна вивченість розглядуваної території наведена у додатках А1-А3.

Розрахунок факторів весняного водопілля і складання прогнозу шарів весняного стоку ведеться за програмою „YmUKR”, розробленою на кафедрі гідрології суші ОДЕКУ.

### **Вихідні дані:**

#### *а. Базова інформація*

1. Морфометричні та басейнові характеристики річок півдня України:

- площі водозборів  $F$ , км<sup>2</sup>;
- залісеність водозборів  $f_l$ , в долях від площі водозборів  $F$ ;
- широта центру тяжіння водозборів  $\varphi^\circ$  п.ш.

2. Середні багаторічні дані:

- 1) карта норми шару стоку весняного водопілля  $Y_0$ , мм (див. рис.1.1);
- 2) карта норми максимальних запасів води у сніговому покриві  $S_0$ , мм (рис.1.2);
- 3) норми весняних опадів  $X_{10}$  і  $X_{20}$ , які приймають участь у формуванні весняного водопілля, можуть або визначені як середньо багаторічні значення або бути розраховані за рівняннями (1.6) і (1.7), мм;
- 4) карта норми максимальних значень глибини промерзання ґрунту під озимими або залежність  $L_0$  від широти геометричних центрів тяжіння водозборів у вигляді (1.11);
- 5) карта норми середніх модулів осінньо-зимового стоку з вересня попереднього року по січень (включно) поточного року  $(q_{09-01})_0$  або залежність  $(q_{09-01})_0$  від площ водозборів у вигляді (1.9);
- 6) норма середньої температури повітря за другу  $(\bar{\Theta}_{022}, ^\circ\text{C})$  та третю  $(\bar{\Theta}_{023}, ^\circ\text{C})$  декади лютого за даними метеорологічних станцій (додаток А3), які знаходяться близько до центрів тяжіння водозборів (середні значення за період з 1961 по 1990 рр.);
- 7) шари стоку весняного водопілля за період спостережень на річках півдня України.

Базова вихідна інформація (морфометричні та середні багаторічні гідрометеорологічні дані) для довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля в басейнах річок півдня України наведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Базова інформація для складання довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля на річках півдня України

№ постів	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$f_l$ в частках від $F$ ,	$\varphi$ в частках ° П.Ш.	$S_o + X_{1_o} + X_{2_o}$ , мм	$L_o$ , см	$(q_{09-01})_o$ , л/с·км <sup>2</sup>	$Y_o$ , мм	$(Cv)_{Y_m}$	$\sigma_{Y_m}$ , мм
233	Південний Буг-с.Тростянець	17400	0.11	48.67	135	53	2.47	38	0.63	20.2
234	Південний Буг-с.Підгір'я	24600	0.14	48.50	131	54	2.78	32	0.66	16.5
250	Кодима- с.Катеринка	2390	0.11	47.83	97.6	44	0.36	14	0.99	12.6
252	Синюха- с.Синюхін Брід	16700	0.05	48.42	117	52	1.21	29	0.75	21.1
260	Чорний Ташлик-с.Тарасівка	2230	0.02	48.17	96.4	53	0.81	28	0.97	23.0
243	Інгул- м.Кіровоград	840	0.02	48.42	110	61	0.66	25	1.05	26.8
246	Інгул -с.Новогорожено	6670	0.01	48.08	105	57	0.69	25	1.0	19.7
171	Інгулець-п.Олександростепанівка	1400	0.13	48.45	101	61	0.80	33	0.60	31.0
173	Інгулець- м.Кривий Ріг	8600	0.05	48.17	93.7	57	0.57	20	0.62	20.5
174	Інгулець- с.Могилівка	9280	0.05	48.08	94.7	59	0.68	21	0.60	19.0

Примітка: Норми температури повітря за другу та третю декади лютого ( $\bar{\Theta}_{02_2} = -4.5$  °C;  $\bar{\Theta}_{02_3} = -3.0$  °C)

*б. Оперативна інформація:*

- a) максимальні запаси води в сніговому покриві на дати випуску прогнозів 10 і 20 лютого  $S_{ДСП}$  (мм) і на дату їх максимального накопичення  $S_m$  (мм) за даними снігомірних зйомок на метеорологічних станціях (Додаток А3) або у вигляді карт розподілу їх по території;
- b) прогноз опадів періоду весняного сніготанення  $X_1$  (мм) та періоду до кінця водопілля  $X_2$  (мм) за даними метеорологічних станцій (Додаток А3);
- c) максимальна (на дату складання прогнозу або за зиму) глибина промерзання ґрунту під озимими  $L$ (см) за даними пунктів їх виміру або у вигляді залежності типу (1.11);
- d) середні модулі осінньо-зимового стоку  $q_{02-1}$  (л/с км<sup>2</sup>) на річках півдня України з вересня попереднього (1985) по січень (включно) поточного (1986) року або у вигляді залежності типу (1.9);
- e) метеорологічний прогноз середньої декадної температури повітря в лютому ( в другій –  $\Theta_{02_2}$  °С та третій –  $\Theta_{02_3}$  °С декадах) по метеостанціях, які розташовані близько до центрів тяжіння водозборів (додаток А3).

Оперативні вихідні дані для довгострокового прогнозу шару стоку весняного водопілля на річках півдня України у 1986 р. наведені у табл.1.3. Порядок роботи за комп'ютерною програмою "YmUKR" наданий у додатку Б1.

**Схема складання прогнозів:**

1.В основу методики прогнозів шарів стоку весняного водопілля покладена модель, яка реалізується для розглянутої території шляхом побудови залежностей (1.1).

Залежність (1.1) для р. Південний Буг – с. Підгір'я показана на рис.1.3. На залежності відмічаються угруповання даних, утворюючих окремі залежності, які відповідають утворенню багато- або маловодних водопіль. Група середніх величин шарів весняного стоку менш виражена.

2. Розрахунок сумарної кількості води, яка бере участь у формуванні весняного водопілля ведеться за схемою

$$X = S_m + X_1 + X_2, \quad (1.17)$$

а на дату складання прогнозу (10 чи 20 лютого) як

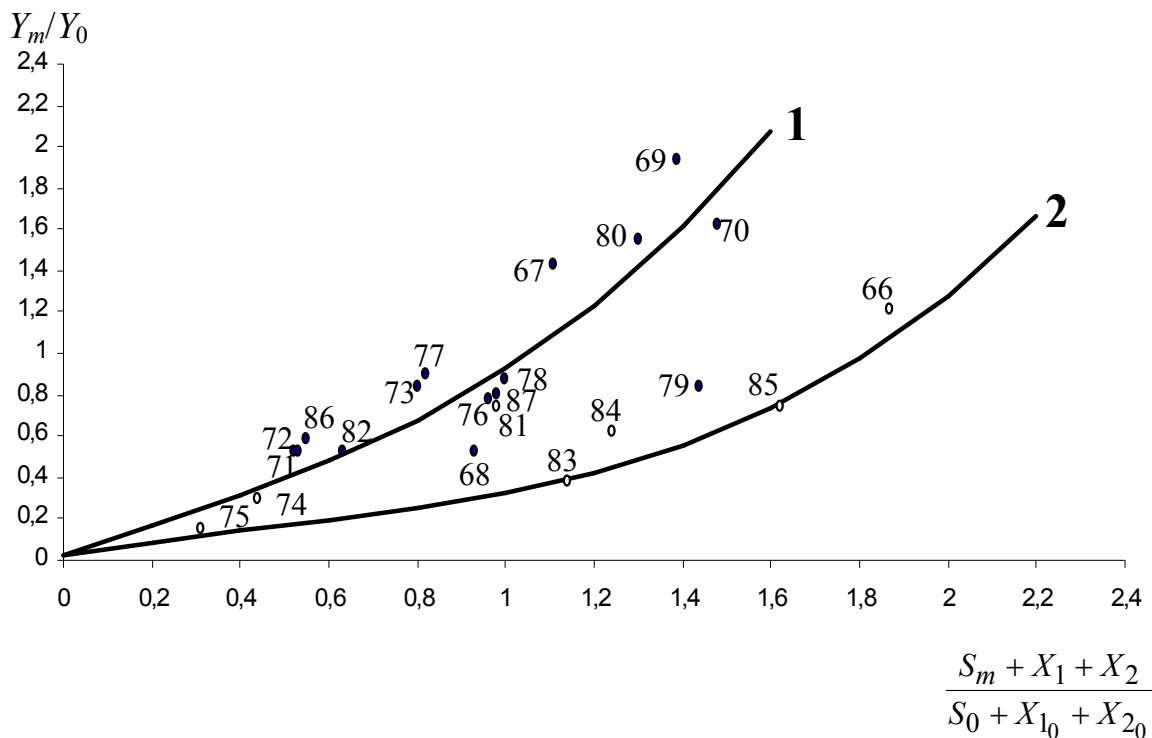
$$X = S_{ДСП} + \Delta\bar{S} + X_1^* + X_2^*, \quad (1.18)$$

де  $S_{ДСП}$  - максимальні запаси води в сніговому покриві з урахуванням запасів води в крижаній кірці, які накопичилися на дату складання

Таблиця 1.3 - Оперативна інформація для складання довгострокових прогнозів шарів стоку і максимальних витрат води весняного водопілля 1986 р. на річках півдня України

№ постів	Річка-пост	Кількість метеостанцій	Номери метеостанцій	Метеостанція для $\Theta$ °С		$(q_{09-01})$ , л/с·км <sup>2</sup>	$Q_m$ , м <sup>3</sup> /с	$Y_m$ , мм
				номер	назва			
233	Південний Буг-с.Тростянець	4	77,78, 79,80	80	Гайсин	2.87	223	16
234	Південний Буг-с.Підгір'я	5	77,78, 79, 80,86	80	Гайсин	2.88	208	19
250	Кодима-с.Катеринка	1	90	90	Любашівка	0.68	18.0	15
252	Синюха- с.Синюхін Брід	3	71,74,87	87	Помічна	1.56	191	20
260	Чорний Ташлик-с.Тарасівка	1	87	87	Помічна	1.34	90.0	23
243	Інгул- м.Кіровоград	1	85	85	Кіровоград	0.99	7.30	35
246	Інгул - с.Новогорожене	3	85, 88, 89	89	Долинська	1.09	152	24
171	Інгулець-п.Олександро-Степанівка	1	84	84	Знам'янка	1.62	59.7	48
173	Інгулець-м.Кривий Ріг	4	84,89,152,155	89	Долинська	0.93	135	18
174	Інгулець-Могилівка	4	84,89,152,155	89	Долинська	1.28	136	17

прогнозу, мм;  $\Delta\bar{S}$  - нормальні добавки до максимальних запасів води в сніговому покриві, мм;  $X_1^*$  - очікувані величини опадів  $X_1$ , мм;  $X_2^*$  - очікувані величини опадів  $X_2$ , мм.



(дані відносяться до басейну р. Південний Буг – с. Підгір'я)  
 1 –  $DF \geq 0$ ; 2 –  $DF < 0$

Рисунок 1.3 – Залежність модульних коефіцієнтів шарів стоку весняного водопілля  $Y_m/Y_0$  від сумарних запасів вологи на басейні  $\frac{S_m + X_1 + X_2}{S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}}$

Величина норми  $S_0$  в (1.1) знімається з карти (див. рис. 1.2) по центрах тяжіння водозборів.

3. Складання альтернативного (якісного) прогнозу очікуваного водопілля виконується з урахуванням знаку лінійної дискримінантної функції  $DF$  за рівнянням (1.4) і табл.1.4.

До вектор-предиктору  $DF$  включені такі фактори весняного водопілля (виражені у модульних коефіцієнтах), як:

а) максимальні запаси води в сніговому покриві, які накопичилися на басейні до початку весняного сніготанення ( $S_m / S_0$ );



б) індекс зволоження ґрунтів – середній модуль стоку за осінньо-зимовий сезон (з вересня 1985 по січень 1986 рр.)  $(q_{09-01})/(q_{09-01})_0$  за рівнянням (1.8);

в) максимальна глибина промерзання ґрунтів  $(L/L_0)$  за рівнянням (1.10).

Знак дискримінантної функції дозволяє дати якісний (альтернативний) прогноз майбутнього водопілля. Так, коли  $DF \geq 0$ , то слід очікувати формування шару стоку вище норми (ситуація 1). Якщо ж  $DF < 0$ , то водопілля буде розвиватися за ситуацією 2, тобто шар стоку весняних вод очікується нижче середнього.

Таблиця 1.4– Коефіцієнти рівнянь дискримінантних функцій

$$DF = a_0 + a_1 S_m / S_0 + a_2 [(q_{09-01}) / (q_{09-01})_0] + a_3 L / L_0$$

Район	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$
Лісостепова зона півдня України (рр.Південний Буг, Синюха, Чорний Ташлик)	0.04	-8.58	-7.70	16.6
Степова зона півдня України (рр.Інгул, Кодима, Інгулець)	-0.24	-9.37	3.84	4.30

Умовні позначення:

$S_m$  і  $S_0$  – максимальні запаси води в сніговому покриві і їх норма (мм);  $q_{09-01}$  і  $(q_{09-01})_0$  – середній модуль стоку осінньо-зимового періоду і його норма (л/с км<sup>2</sup>);  $L$  і  $L_0$  – глибина промерзання ґрунту і її норма (см).

Фактори весняного водопілля і значення дискримінантної функції  $DF$  при прогнозі шарів весняного водопілля у 1986 році наведені у табл.1.5.

4. Прогноз величин шарів стоку весняного водопілля у вигляді відносних їх значень, здійснюється по регіональних залежностях вигляду (1.1) – за знаком дискримінантної функції  $DF$  і даними максимальних запасів води у сніговому покриві й дощових опадів під час водопілля, виражених відносно їх норми (використовуючи карту  $S_0$ , приведену на рис.1.2 і визначені за рівняннями (1.6) і (1.7) середньо багаторічні значення дощових опадів під час весняного водопілля  $X_{1_0}$  і  $X_{2_0}$ ), тобто по значеннях  $k_X$ . Коефіцієнти поліному, який описує прогнозні залежності з умовами застосування кривих за ознаками  $DF$ , надані у табл. 1.6.

Таблиця 1.5 - Результати довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля 1986 р.  
в дату випуску прогнозу  $S_m$  на річках півдня України

Номери постів	Річка-пост	$S_m$ , мм	$X_1$ , мм	$X_2$ , мм	$S_m+X_1+X_2$ , мм	$q_{09-01}$ , л/с·км <sup>2</sup>	$L$ , см	$DF$	$(k_{Y_m})_{S_m}$	Інтервал $P_{Y_m}$ %	$(Y_m)_{S_m}$ , мм
233	Південний Буг- с.Тростянець	57	7.8	14.3	79.0	2.87	43	0.55	0.47	75-80	18.2
234	Південний Буг- с.Підгір'я	51	7.8	13.4	72.0	2.88	48	2.03	0.44	75-80	14.1
250	Кодима- с.Катеринка	31	10.8	18.5	60.0	0.68	73	8.31	0.56	50-60	7.9
252	Синюха- с.Синюхін Брід	58	5.0	18.3	81.0	1.56	63	4.34	0.57	60-70	16.5
260	Чорний Ташлик- с.Тарасівка	57	5.0	12.6	75.0	1.34	62	0.14	0.88	40-50	24.8
243	Інгул- м.Кіровоград	55	62.3	2.01	119	0.99	68	0.18	1.37	25-30	34.3
246	Інгул -с.Новогорожено	46	89.4	19.2	155	1.09	62	-3.3	0.50	50-60	12.5
171	Інгулець- п.Олександро- Степанівка	55	2.8	13.7	72.0	1.62	66	5.57	0.85	50-60	28.1
173	Інгулець- м.Кривий Ріг	35	1.6	16.5	53.0	0.93	70	5.96	0.47	70-80	9.4
174	Інгулець- с.Могилівка	35	1.6	16.5	53.0	1.28	70	6.8	0.46	80-90	9.5

5. На дати випуску прогнозу (10 чи 20 лютого) невідомі фактори, які входять до прогнозованої схеми (максимальні запаси води у сніговому покриві і опади під час весняного водопілля  $X_1$  і  $X_2$ ) в формулі (1.18) оцінюються по нормі, або орієнтуючись на прогноз погоди шляхом введення відповідних поправок до максимальних снігозапасів за табл.1.7 і середніх величин весняних опадів за табл.1.8.

Таблиця 1.6 – Коефіцієнти поліному (1.5)

Район	Умови застосування	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Лісостепова зона півдня України (рр.Південний Буг, Синюха)	$DF \geq 0$	$2.83 \cdot 10^{-2}$	0.738	-0.149	0.307
	$DF < 0$	$2.43 \cdot 10^{-2}$	0.368	-0.277	0.203
Степова зона півдня України (рр.Інгул, Чорний Ташлик, Кодима, Інгулець)	$DF \geq 0$	$6.0 \cdot 10^{-2}$	-0.173	1.561	0.051
	$DF < 0$	$0.26 \cdot 10^{-2}$	0.223	-0.257	0.227

Таблиця 1.7– Величини нормальних добавок до максимальних запасів води в сніговому покриві

Дата прогнозу	Прогнозна характеристика	Норма характеристики, °C	Умови уведення добавки	Величина добавки $\Delta \bar{S}$ , мм	
				лісостепова зона півдня України	степова зона півдня України
10.02	$\Theta_{02_2}$	-4.5	$\Theta_{02_2} \geq \bar{\Theta}_{02_2} + 2$	0	0
			$\bar{\Theta}_{02_2} - 2 < \Theta_{02_2} < \bar{\Theta}_{02_2} + 2$	20	10
			$\Theta_{02_2} \leq \bar{\Theta}_{02_2} - 2$	30	20
20.02	$\Theta_{02_3}$	-3.0	$\Theta_{02_3} \geq \bar{\Theta}_{02_3} + 1$	0	0
			$\Theta_{02_3} < \bar{\Theta}_{02_3} + 1$	10	5

Умовні позначення:  $\Theta_{02_2}$  і  $\bar{\Theta}_{02_2}$  - середня температура повітря за другу декаду лютого і її норма, °C;  $\Theta_{02_3}$  і  $\bar{\Theta}_{02_3}$  - середня температура повітря за третю декаду лютого і її норма, °C.

6. Очікувані модульні коефіцієнти шарів стоку весняного водопілля 1986 р. на річках півдня України наведені у табл.1.5.

Таблиця 1.8 – Коефіцієнти до норм опадів  $X_{1o}$  і  $X_{2o}$   
(з урахуванням метеорологічного прогнозу)

Умови введення коефіцієнтів до норм опадів $X_{1o}$ і $X_{2o}$	Коефіцієнти до норм опадів	
	$X_{1o}$	$X_{2o}$
Опади вище норми: ( $X_1 > X_{1o}$ ); ( $X_2 > X_{2o}$ )	$k_{\text{баз}} = 1.62$	$k_{\text{баз}} = 1.75$
Опади біля норми: ( $X_1 = X_{1o}$ ); ( $X_2 = X_{2o}$ )	$k_{\text{сер}} = 0.78$	$k_{\text{сер}} = 0.81$
Опади нижче норми: ( $X_1 < X_{1o}$ ); ( $X_2 < X_{2o}$ )	$k_{\text{мал}} = 0.28$	$k_{\text{мал}} = 0.29$

Перехід від  $k_{Y_m}$  до очікуваних значень шарів стоку весняного водопілля  $Y_m$  здійснюється за рівнянням (1.13)

$$Y_m = k_{Y_m} Y_o,$$

де норма шару весняного стоку  $Y_o$  (мм) розраховане як середнє арифметичне значення за часовим рядом спостережень на річці, або ж може бути визначено за картою розподілу  $Y_o$  по досліджуваній території (див. рис. 1.1).

7. Формою представлення довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля 1986 р. є карти розподілу по території очікуваних модульних коефіцієнтів  $k_{Y_m}$ .

Приклад карти  $k_{Y_m}$  при складанні прогнозу дату накопичення максимальних снігозапасів наведений на рис.1.4.

8. Забезпеченість прогнозованих шарів стоку весняного водопілля на річках у 1986 році встановлюється за таблицею трипараметричного гама-розподілу (див. табл.1.1) за очікуваними  $k_{Y_m} = Y_m/Y_o$  і значеннями  $C_v$ , які визначаються по багаторічному ряду шарів весняного стоку або можуть бути розраховані за формулою (1.14).

Забезпеченість прогнозних величин  $Y_m$  1986 р. у вигляді (1.15) наведена у табл. 1.5.

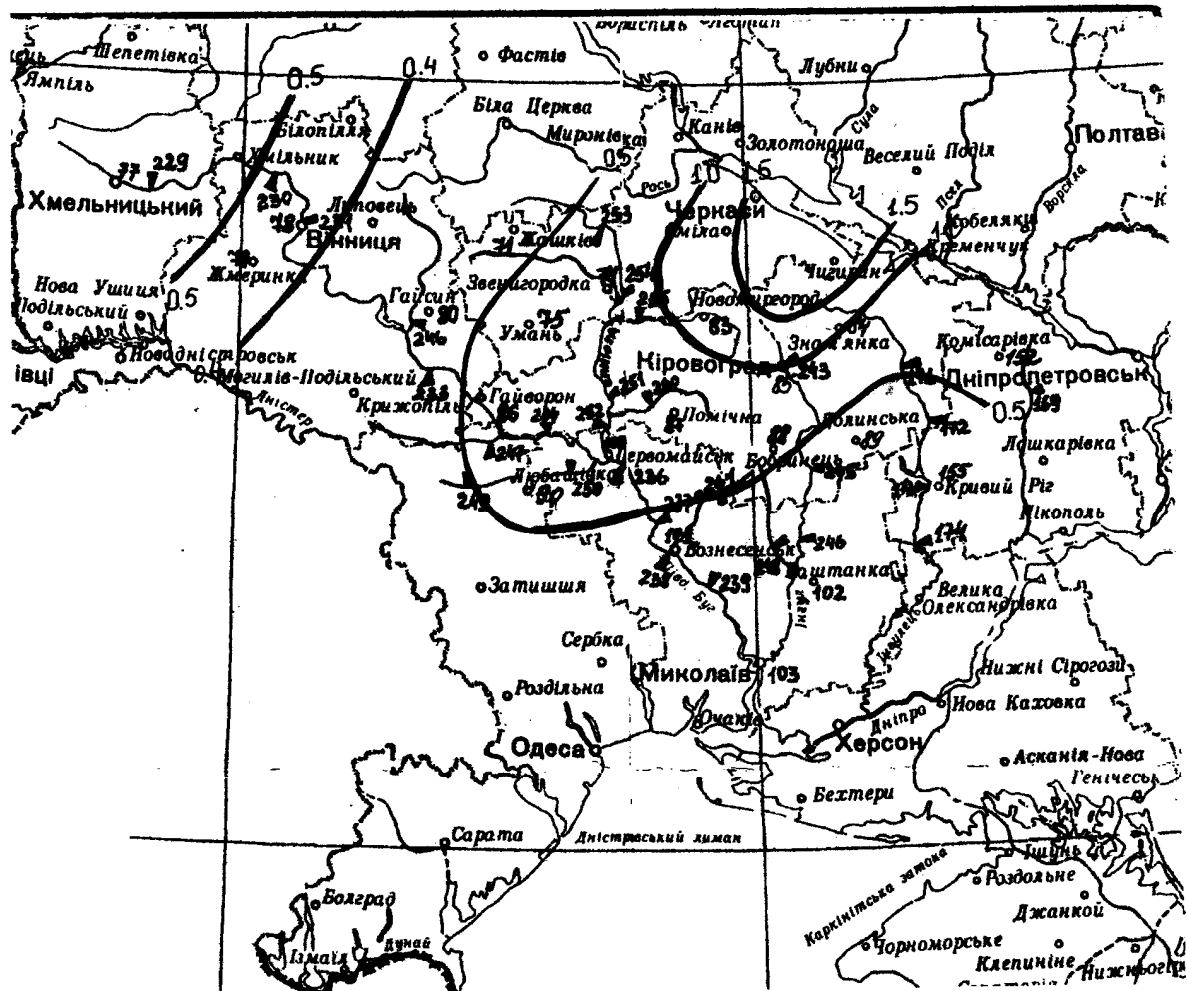


Рисунок 1.4 – Зміна по території прогнозних величин модульних коефіцієнтів шарів стоку весняного водопілля у 1986 р.

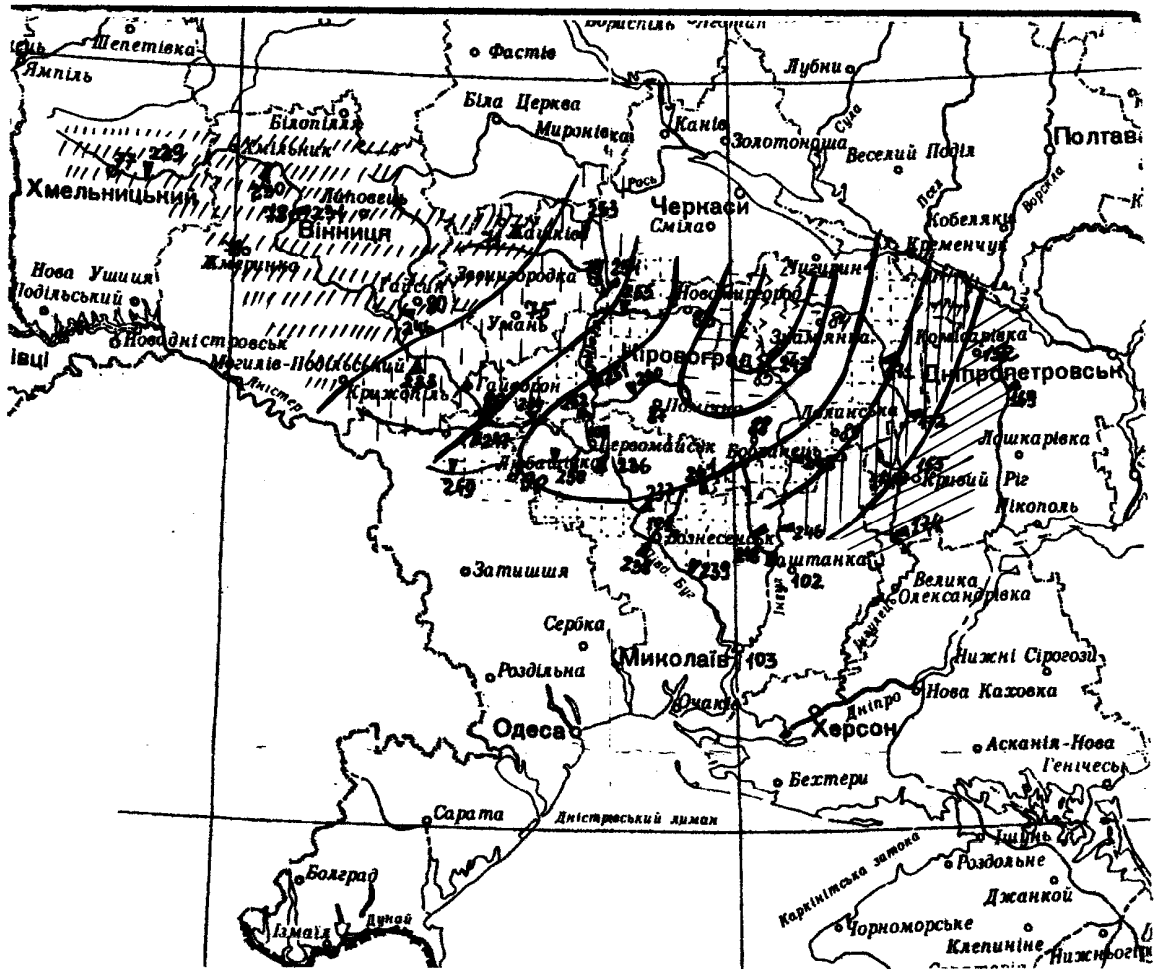
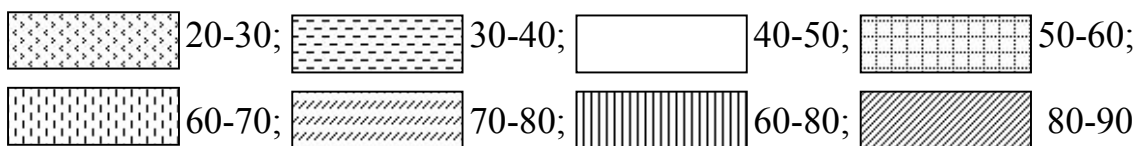


Рисунок 1.5 – Забезпеченість ( $P\%$ ) прогнозних величин максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля у 1986 році



Таблиця 1.9 - Оцінка якості довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля 1986 р.  
в дату максимальних снігозапасів  $S_m$  на річках півдня України

Номери постів	Річка – пост	$\sigma_{Y_m}$ , мм	$(\delta_{дон})_{Y_m}$ , мм	$Y_m$ , мм	$(Y_m)_{S_m}$ , мм	$\delta = Y_m - (Y_m)_{S_m}$ , мм	$\delta / \delta_{дон}$
233	Південний Буг- с.Тростянець	21.0	14.2	16.0	18.2	-2.2	0.15
234	Південний Буг- с.Підгір`я	16.5	11.1	19.0	14.1	4.93	0.44
250	Кодима- с.Катеринка	12.6	8.53	15.0	7.9	7.15	0.84
252	Синюха- с.Синюхін Брід	21.1	14.2	20.0	16.5	3.50	0.25
260	Чорний Ташлик- с.Тарасівка	23.0	15.5	23.0	24.8	-1.76	0.11
243	Інгул- м.Кіровоград	26.6	17.9	35.0	34.3	0.70	0.04
246	Інгул -с.Новогорожено	19.7	13.3	24.0	12.5	11.5	0.86
171	Інгулець- п.Олександро- Степанівка	31.0	20.9	48.0	28.1	19.9	0.95
173	Інгулець- м.Кривий Ріг	20.5	13.8	18.0	9.4	8.62	0.62
174	Інгулець- с.Могилівка	19.0	12.8	17.0	9.5	7.54	0.59

Далі складаються карти забезпеченості прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля  $P\%$  для дат випуску прогнозів 10, 20 лютого і  $S_m$ . Методика побудови карт  $P\%$  така ж, як і для очікуваних  $k_{Y_m}$ , тільки з вираженням областей території тій чи іншій ймовірності перевищення прогнозних величин у багаторічному розрізі.

Карта забезпеченості  $P\%$  очікуваних величин  $(k_{q_m})_{S_m}$  весняного водопілля 1986 р. наведена на рис.1.5.

9. Оцінка довгострокового прогнозу шару стоку весняного водопілля на річках півдня України у 1986 р. здійснюється шляхом визначення похибки прогнозу в долях від допустимої похибки  $(\delta_{дон})_{Y_m}$ , яка визначається за багаторічним рядом шарів весняного стоку (при наявності спостережень), або може бути розрахована за формулою (1.16).

Оцінка прогнозу шарів стоку водопілля в дату настання максимальних снігозапасів надана у табл.1.9.

## Практичне завдання 2

### 2 ТЕРИТОРІАЛЬНІ ПРОГНОЗИ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВОДИ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ

#### 2.1. Методика довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля

Побудова територіальних методів прогнозу максимальних витрат води водопілля зустрічає визначені складності, пов'язані з тим, що у відмінності від шару стоку не тільки витрат води, але й модуль залежать від площі водозбору. Причому обумовленість модуля розмірами водозбірних площ пов'язана з трансформацією паводкових хвиль під впливом часу руслового добігання й ефектів руслозаплавного регулювання.

Існуючі методики прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля засновуються на залежностях максимальних витрат води  $(Q_m)$  від шарів весняного стоку  $(Y_m)$ . Територіальний варіант такого роду залежностей уперше був розглянутий О. С. Змійовою [8].

Але, тому що шар стоку не відомий до дати випуску прогнозу і є прогнозною величиною, яка залежить від максимальних запасів води в сніговому покриві, опадів, чинників водопрпускнуї спроможності ґрунтів і інших, можливо розгляд залежностей  $Q_m$  від цих же чинників, як наприклад залежність



$$q_m/q_0 = f[(S_m + X_1)/(S_0 + X_{1_0})] \quad (2.1)$$

або залежні

$$k_{q_m} = f(k_X), \quad (2.2)$$

де  $q_m$  і  $q_0$  - максимальний модуль весняного водопілля і його норма;  $S_m$  і  $S_0$  - максимальний запас води в сніговому покриві перед початком весняного сніготанення і його норма;  $X_1$  і  $X_{1_0}$  - рідкі опади періоду весняного сніготанення і їх норма;  $k_{q_m}$  - максимальний модульний коефіцієнт весняного водопілля;  $k_X$  - модульний коефіцієнт запасів вологи на басейні, які приймають участь у формуванні максимальної витрати води весняного водопілля

$$k_X = (S_m + X_1)/(S_0 + X_{1_0}). \quad (2.3)$$

Подібного виду методика запропонована в посібнику з гідрологічних прогнозів для територіального прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля [3]. Проте, територіальний прогноз в цих методах зводиться до узагальнень, у яких середній багаторічний модуль  $q_0$  розраховується по фактичному ряді спостережень за стоком води як

$$q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n q_{m_i}}{n}, \quad (2.4)$$

де  $q_{m_i}$  - максимальні модулі водопілля і-х років за період спостережень.

На невивчені річки такі методики прогнозування не можуть бути поширені, головним чином, через відсутність надійних методів розрахунку  $q_0$ .

Даний метод територіального прогнозу максимуму водопілля [9], пов'язаний із безрозмірним комплексом у вигляді залежності (2.1), де в якості базової характеристики використана норма максимального весняного стоку  $q_0$ , розрахунок якої ведеться в рамках моделі типового одномодального гідрографу у вигляді [10]

$$q_0 = \frac{k_0 Y_0}{(F + 1)^{n_1}}, \quad (2.5)$$

де  $Y_0$  - середні багаторічні шари стоку за період весняного водопілля;  $n_1$  - показник редукції максимального модуля по площі водозбору  $F$ ;  $k_0$  - коефіцієнт схилової трансформації або “дружності” водопілля

$$k_0 = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0}, \quad (2.6)$$

де  $T_0$  - тривалість схилового припливу;  $(n+1)/n$  - коефіцієнт нерівномірності схилового стоку.

Просторове узагальнення параметрів формули (2.5) може бути виконане на основі картування величин норм весняного стоку  $Y_0$  і коефіцієнту схилової трансформації  $k_0$  або ж тривалості  $T_0$ . При цьому вплив місцевих чинників (заболоченості, залісеності) на  $T_0$  повинно бути виключене. Так, для території півдня України карта норм весняного стоку подана на рис.1.1.

Розмір  $T_0$  для аналізованої території розподіляється так: у верхів'ях річки Південний Буг відзначається область знижених значень  $T_0$  (замкнута область з ізолінією 50 годин), до середини басейну тривалість притоку зростає до 100-150 годин, а потім до півдня знову плавно зменшується до 50 годин (рис.2.1).

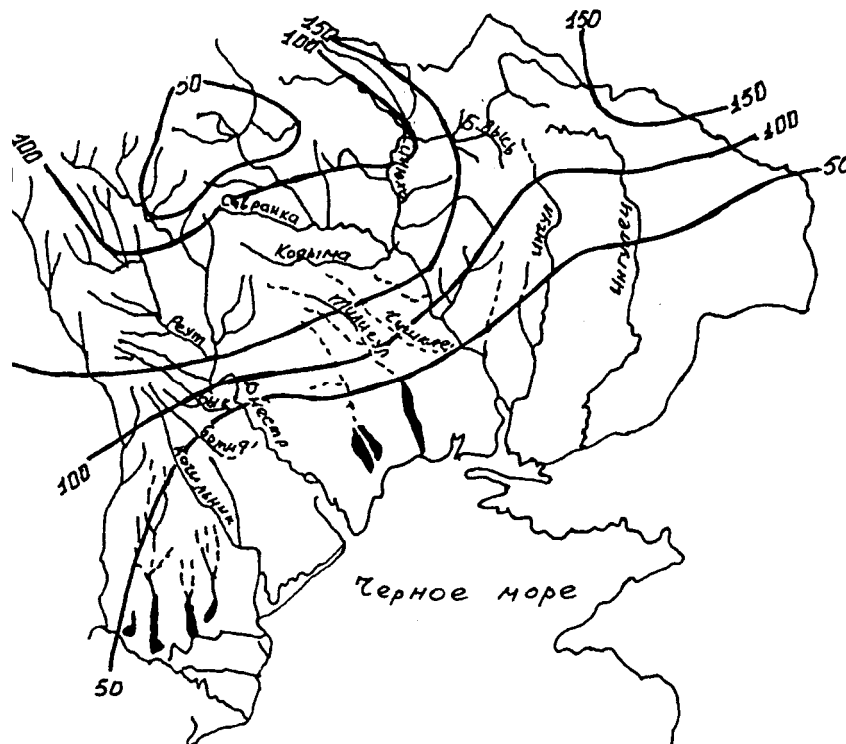


Рисунок 2.1 – Тривалість схилового припливу талих вод  $T_0$ , год

Значення показника ступеня  $n_1$  встановлюється за матеріалами спостережень стаціонарної мережі гідрологічних спостережень і для території півдня України отримано рівним 0.34.

Тіснота зв'язків  $q_m/q_0 = f[(S_m + X_1)/(S_0 + X_{1_0})]$  така, що не дозволяє одержати однозначну залежність максимуму весняного стоку від сумарної подачі води на водозбір. Формування водопілля, в основному, йде по двох типах – високі і низькі максимуми при даних значеннях запасів вологи. Група середніх водопілля менш виражена. Типізація весняних водопілля по характеру їхнього розвитку виконується на основі використання багатомірної статистичної моделі – дискримінантної функції (1.4).

Побудовані за знаком дискримінантних функцій прогнозні залежності  $\frac{q_m}{q_0} = f\left(\frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{1_0}}\right)$  описуються поліномом  $n$ -ої степені (але не вище 3-ої), тобто

$$\frac{q_m}{q_0} = b_0 + b_1 \frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{1_0}} + b_2 \left(\frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{1_0}}\right)^2 + b_3 \left(\frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{1_0}}\right)^3, \quad (2.7)$$

де  $b_0, b_1, b_2, b_3$  – коефіцієнти полінома.

Норми максимальних снігозапасів  $S_0$  у залежностях (2.1) представляються у вигляді карти ізоліній (див. рис.1.2). Для визначення норми  $X_{1_0}$  може бути використане рівняння (1.6).

Прогноз максимальної витрати води весняного водопілля виконується за рівнянням

$$Q_m = k_{q_m} q_0 F \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.8)$$

де  $k_{q_m}$  - передобчислене по зв'язках (2.1) і викладеній методиці значення максимального модульного коефіцієнту;  $q_0$  – норма максимального модуля водопілля, яка визначається для кожної конкретної річки за часовими рядами спостережень на них за (2.4), або ж розраховується за рівнянням (2.5) – при відсутності часових рядів на річці.

## 2.2 Просторове представлення прогнозних величин максимальних витрат води весняного водопілля

Очікувані значення максимальних модульних коефіцієнтів  $k_{q_m}$ , як і при прогнозі шару стоку весняного водопілля, у кожному році

представляються у вигляді карти зміни по території, а також складаються карти забезпеченості прогнозних величин максимальних витрат води весняного водопілля.

Забезпеченість  $P\%$  розраховується на основі кривої трипараметричного гама-розподілу при встановленому для даної території значенні  $(C_S/C_V)_{Q_m}$ , рівному 1.5, подібно тому, як це здійснюється при встановленні забезпеченості прогнозних значень шарів весняного стоку (п. 1.5). Для невивчених у гідрологічному відношенні річок величина  $(C_V)_{Q_m}$  встановлюється за картою (рис.2.2) по геометричних центрах тяжіння водозборів.

### **2.3. Оцінка якості методики довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля**

Оцінка якості методики прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля здійснюється в гідрологічній практиці [4] за критерієм якості  $S/\sigma$  і забезпеченості допустимої похибки  $P\%$ , як і при прогнозі шару стоку весняного водопілля (п.1.7).

При прогнозуванні максимальних витрат води невивчених річок оцінка допустимої похибки прогнозу (на прикладі річок півдня України) здійснюється по залежності величини допустимої похибки прогнозу максимальних витрат весняного водопілля від площ водозборів у вигляді

$$\delta_{\text{дон}} = 0.0125F, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.9)$$

Формула дозволяє визначати значення  $\delta_{\text{дон}}$  для будь-якої річки, навіть у випадку відсутності на ній спостережень за стоком води.

### **2.4 Порядок складання територіального довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля**

**Завдання:** скласти довгостроковий прогноз максимальних витрат води весняного водопілля на річках півдня України у 1986 р.

Розрахунок факторів весняного водопілля і складання прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля ведеться за комп'ютерною програмою ("QmUKR"), розробленою на кафедрі гідрології суші.

#### **Вихідні дані:**

##### ***A) Базова інформація:***

1. Морфометричні та басейнові характеристики водозборів:

- площа водозборів  $F, \text{км}^2$ ;
- залісеність водозборів  $f_l$ , в долях від площі водозборів  $F$ ;

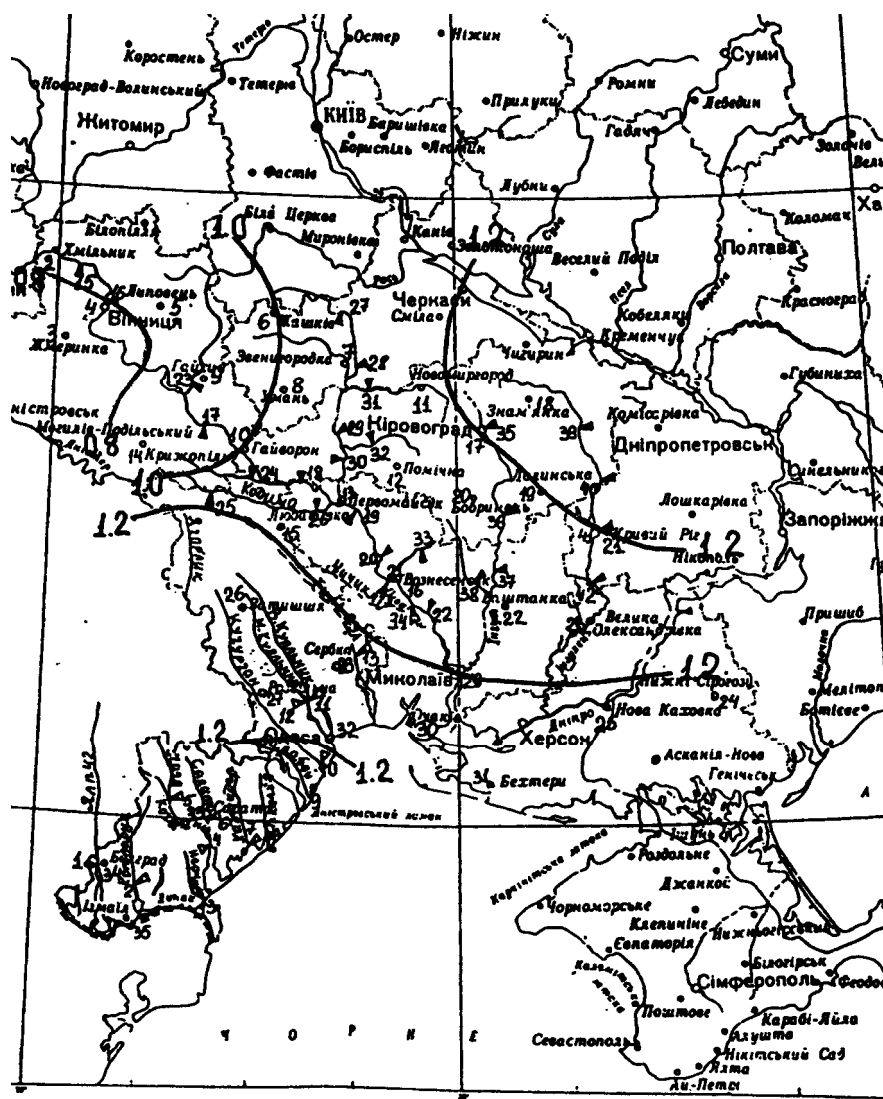


Рисунок 2.2 – Зміна по території коефіцієнтів варіації максимальних витрат води весняного водопілля

– широта центрів тяжіння водозборів  $\varphi^{\circ}$  п.ш.

2. Середні багаторічні дані:

- 8) карта норми шару стоку весняного водопілля  $Y_0$ , мм (див. рис.1.1);
- 9) карта тривалості припливу талої води зі схилів  $T_0$ , год (див. рис.2.1);
- 10) карта норми максимальних запасів води у сніговому покриві  $S_0$ , мм (див. рис.1.2);
- 11) норма весняних опадів  $X_{10}$ , які приймають участь у формуванні максимальної витрати води весняного водопілля, можуть бути визначені як середньо багаторічні значення або розраховані за рівнянням (1.6), мм;
- 12) карта норми максимальних значень глибини промерзання ґрунтів під озимими  $L_0$  (см) або залежність  $L_0$  від широти геометричних центрів тяжіння водозборів у вигляді (1.11);
- 13) карта норми середніх модулів осінньо-зимового стоку з вересня попереднього року по січень (включно) поточного року  $(q_{09-01})_0$  (л/с·км<sup>2</sup>) або залежність  $(Q_{09-01})_0$  від площ водозборів у вигляді (1.19);
- 14) норма середньої температури повітря за другу ( $\bar{\Theta}_{02_2}$ , °С) та третю ( $\bar{\Theta}_{02_3}$ , °С) декади лютого за даними метеорологічних станцій (додаток А3), які знаходяться близько до центрів тяжіння водозборів (середні значення за період з 1961 по 1990 рр.);
- 15) максимальні витрати води весняного водопілля за період спостережень на річках півдня України.

Морфометричні та середні багаторічні гідрометеорологічні дані для довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля в басейнах річок півдня України наведені у табл. 2.1.

### **Б) Оперативна інформація:**

а) максимальні запаси води в сніговому покриві на дати випуску прогнозів 10 та 20 лютого  $S_{ДСП}$  і на дату їх максимального накопичення  $S_m$  (мм) за даними снігомірних зйомок на метеорологічних станціях (Додаток А3) або у вигляді карт розподілу їх по території;

б) прогноз опадів періоду сніготанення  $X_l$  (сума рідких опадів за період от дати  $S_m$  до дати кінця сніготанення по даних метеостанцій в додатку А3);

в) максимальна (на дату складання прогнозу або за зиму) глибина промерзання ґрунтів під озимими  $L$  (см) за даними пунктів їх виміру або у вигляді залежності типу (1.11);

Таблиця 2.1 - Базова інформація для складання довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля на річках півдня України

Номери постів	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$f_l$	$\varphi$ , в до-лях 0 п.ш.	$S_o$ , мм	$X I_0$ мм	$S_o + X I_0$ , мм	$L_o$ , см	$(q_{09-01})_o$ , л/с·км <sup>2</sup>	$Q_0$ м <sup>3</sup> /с	$q_o$ , л/с·км <sup>2</sup>	$(C_v)_{Q_m}$	$\sigma_{Q_m}$ , м <sup>3</sup> /с
233	Південний Буг-с.Тростянець	17400	0.1	48.67	52.6	35.7	88.3	53	2.47	468	26.9	0.74	336
234	Південний Буг-с.Підгір'я	24600	0.14	48.50	54.3	32.7	87.0	54	2.78	558	22.7	0.81	302
250	Кодима-с.Катеринка	2390	0.0	47.83	37.2	23.2	60.4	44	0.36	39.6	16.6	1.72	24.5
252	Синюха-с.Синюхін Брід	16700	0.05	48.42	56.2	21.1	77.3	52	1.21	502	30.1	1.04	430
260	Чорний Ташлик-с.Тарасівка	2230	0.02	48.17	37.9	21.6	59.5	53	0.81	131	58.7	0.88	125
243	Інгул-м.Кіровоград	840	0.02	48.42	42.3	28.5	70.8	61	0.66	33.6	47.6	1.72	52.9
246	Інгул - с.Новогорожено	6670	0.01	48.08	39.2	30.8	70.0	57	0.69	241	25.2	1.0	186
171	Інгулець-п.Олександро-Степанівка	1400	0.13	48.45	43.2	33.2	76.4	61	0.80	54.3	38.8	1.55	53.7
173	Інгулець-м.Кривий Ріг	8600	0.05	48.17	34.2	36.0	70.2	57	0.57	201	23.4	1.32	162
174	Інгулець-Могилівка	9280	0.05	48.08	35.6	36.0	71.6	59	0.68	117	12.6	1.2	134

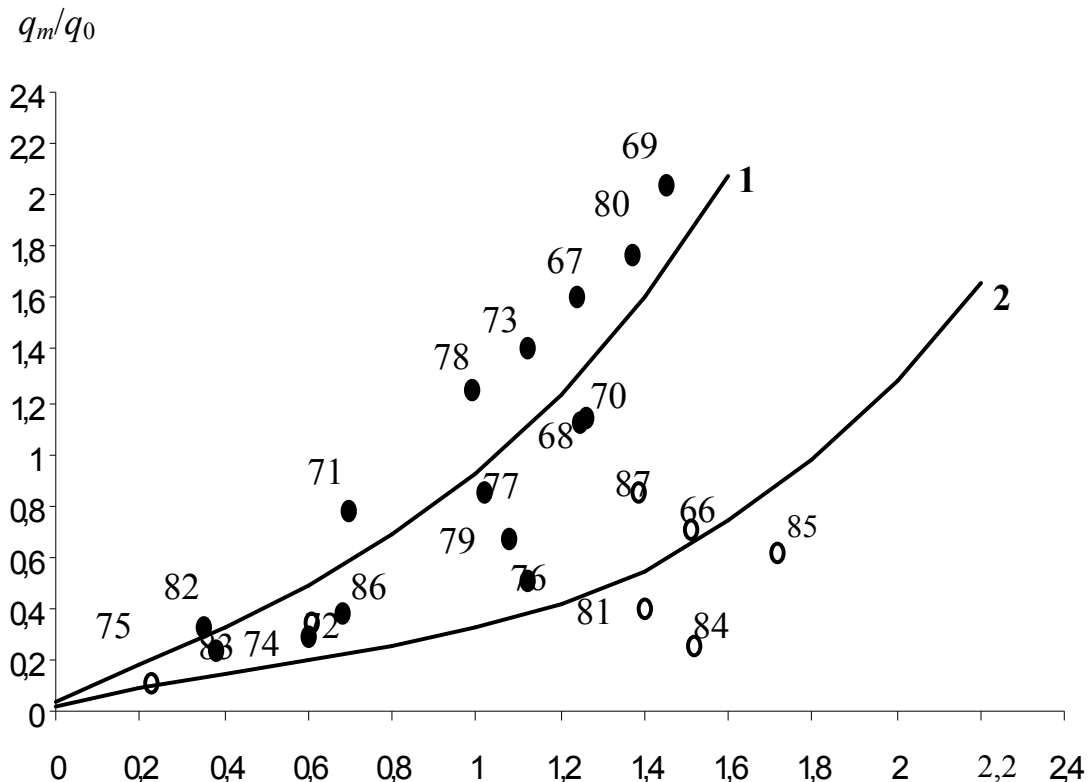
г) середні модулі осінньо-зимового стоку  $q_{09-01}$  (л/с·км<sup>2</sup>) на річках з вересня попереднього (1985) по січень (включно) поточного (1986) року або у вигляді залежності типу (1.9);

д) метеорологічний прогноз середньої декадної температури повітря в лютому ( в другій –  $\bar{\Theta}_{02_2}$  °С та третій –  $\bar{\Theta}_{02_3}$  °С декадах) на метеостанціях, які розташовані близько до центрів тяжіння водозборів (додаток А3).

Вихідні оперативні гідрометеорологічні дані для довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля 1986 р. в басейнах річок півдня України наведені у табл. 1.3. Порядок роботи за комп'ютерною програмою “QmUKR” наданий у додатку Б2.

#### Схема складання прогнозів:

1. В основу методики прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля, подібно тому як і для шарів стоку, покладена модель, яка реалізується для розглянутої території шляхом побудови залежностей (2.1). Залежність (2.1) для р.Південний Буг – с. Підгір'я показана на рис.2.3, на якій відмічаються угруповання точок, відповідаючих формуванню високих і середніх або низьких водопіль.



дані відносяться до басейну р. Південний Буг – с. Підгір'я)

1 –  $DF \geq 0$ ; 2 –  $DF < 0$

Рисунок 2.3 - Залежність максимальних модульних коефіцієнтів  $q_m/q_0$  від максимальних запасів вологи на басейні



2. Розрахунок сумарної кількості води, яка бере участь у формуванні максимальної витрати води весняного водопілля ведеться за схемою

$$X = S_m + X_1, \quad (2.10)$$

а на дату складання прогнозу (10 чи 20 лютого) як

$$X = S_{ДСП} + \Delta\bar{S} + X_1^*, \quad (2.11)$$

де  $S_{ДСП}$  - максимальні запаси води в сніговому покриві, які накопилися на дату складання прогнозу, мм;  $\Delta\bar{S}$  - нормальна добавка до максимальних запасів води в сніговому покриві, мм;  $X_1^*$  - очікувані величини опадів, мм.

Нормальні добавки до максимальних запасів води в сніговому покриві  $\Delta\bar{S}$  визначаються за табл. 1.7. в залежності від очікуваної температури повітря в декаду після дати складання прогнозу. Очікувані величини весняних опадів  $X_1^*$  визначаються як середні величини за багаторічний період (причому для оцінки їх для невивчених річок розрахунок  $X_1$  ведеться по залежностях (1.6) або орієнтуючись на метеорологічний прогноз опадів (за табл.1.8).

3. Визначення знаку лінійної дискримінантної функції  $DF$  виконується в дату складання прогнозів за рівнянням (1.4) і табл.1.4. До вектора-предиктора  $DF$  включені такі ж фактори весняного водопілля, як при прогнозі шарів весняного стоку (практичне завдання 1). Знак дискримінантної функції дозволяє дати якісний (альтернативний) прогноз майбутнього водопілля.

Фактори весняного водопілля і значення дискримінантної функції при прогнозі максимальних витрат води водопілля 1986 р. наведені у табл.2.2.

4. Прогноз величин максимальних витрат води весняного водопілля у вигляді відносних значень модульних коефіцієнтів здійснюється по регіональних залежностях вигляду (2.1) – за знаком дискримінантної функції  $DF$  і даними максимальних запасів води у сніговому покриві й дощових опадів  $S_m + X_1$ , виражених відносно їх норми ( $S_0 + X_{10}$ ).

Коефіцієнти поліному, який описує прогнозні залежності з умовами застосування кривих за ознаками  $DF$ , надані у табл. 2.3.

5. Очікувані модульні коефіцієнти максимальних витрат води весняного водопілля  $k_{qm}$  у 1986 році на річках півдня України наведені у табл.2.2.

Таблиця 2.2 - Результати довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля 1986 р. в дату випуску прогнозу  $S_m$  на річках півдня України

Номери постів	Річка-пост	$S_m$ , мм	$X_1$	$\bar{S}_m + X_1$	$q_{09-01}$ , л/с·км <sup>2</sup>	$L$ , см	$DF$	$(k_{q_m})_{Sm}$	інтервал $P_{Q_m}$ %	$(Q_m)_{Sm}$ , м <sup>3</sup> /с
233	Південний Буг- с.Тростянець	57	7.8	64.8	2.87	43	-2.12	0.24	80-90	110
234	Південний Буг- с.Підгір'я	51	7.8	68.8	2.88	48	0.88	0.56	60-70	314
250	Кодима- с.Катеринка	31	10.8	41.8	0.68	73	7.6	0.76	30-40	30.1
252	Синюха- с.Синюхін Брід	58	5.0	63.0	1.56	63	3.3	0.69	50	347
260	Чорний Ташлик- с.Тарасівка	57	5.0	62.0	1.34	62	-2.13	0.40	60-70	52.4
243	Інгул- м.Кіровоград	55	62.3	117	0.94	66	-4.2	0.45	40-50	16.8
246	Інгул -с.Новогорожено	46	89.4	135	1.09	62	-7.67	0.58	50-60	98.3
171	Інгулець- п.Олександро- Степанівка	55	2.8	57.8	1.62	66	5.11	0.94	30-40	50.8
173	Інгулець- м.Кривий Ріг	35	1.6	36.6	0.71	78	3.70	0.40	50-60	79.2
174	Інгулець- с.Могилівка	35	1.6	36.6	1.28	70	7.27	0.38	50-60	44.1

Таблиця 2.3– Коефіцієнти поліному (2.7)

Район	Умови застосування	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Лісостепова зона півдня України (рр.Південний Буг, Синюха)	$DF \geq 0$	$2.83 \cdot 10^{-2}$	0.738	-0.149	0.307
	$DF < 0$	$2.43 \cdot 10^{-2}$	0.368	-0.277	0.203
Степова зона півдня України (рр.Інгул, Чорний Ташлик, Кодима, Інгулець)	$DF \geq 0$	$5.5 \cdot 10^{-2}$	-0.154	1.160	0.770
	$DF < 0$	$0.14 \cdot 10^{-2}$	0.265	-0.183	0.104

Перехід від  $k_{q_m}$  до очікуваних значень максимальних модулів весняного водопілля здійснюється за рівнянням:

$$q_m = k_{q_m} q_0,$$

або до прогнозних максимальних витрат води –

$$Q_m = \frac{k_{q_m} q_0 F}{10^3},$$

де  $F$  – площа водозборів (км<sup>2</sup>);  $q_0$  – норма максимального модуля водопілля, яка встановлюється за часовим рядом спостережень на річках, або ж розраховується за рівнянням (2.5) – при відсутності часових рядів на річці.

6. Формою представлення прогнозних величин максимальних витрат води весняного водопілля у 1986 р. є карти розподілу по території очікуваних модульних коефіцієнтів  $k_{q_m}$ . Методика побудови карт  $k_{q_m}$  така ж як і для шарів весняного стоку. Приклад карти  $k_{q_m}$  при складанні прогнозу в дату  $S_m$  наведений на рис.2.4.

7. Забезпеченість прогнозів значень максимальних витрат води весняного водопілля на річках півдня України у 1986 році встановлюється за таблицею трипараметричного гама-розподілу (табл.1.1) за очікуваними  $k_{q_m}$  і значенням  $(C_v)_{Q_m}$ , яке визначається по багаторічному ряду максимальних витрат води весняного стоку або може бути встановлене за картою зміни  $(C_v)_{Q_m}$  по території (див. рис.2.2).

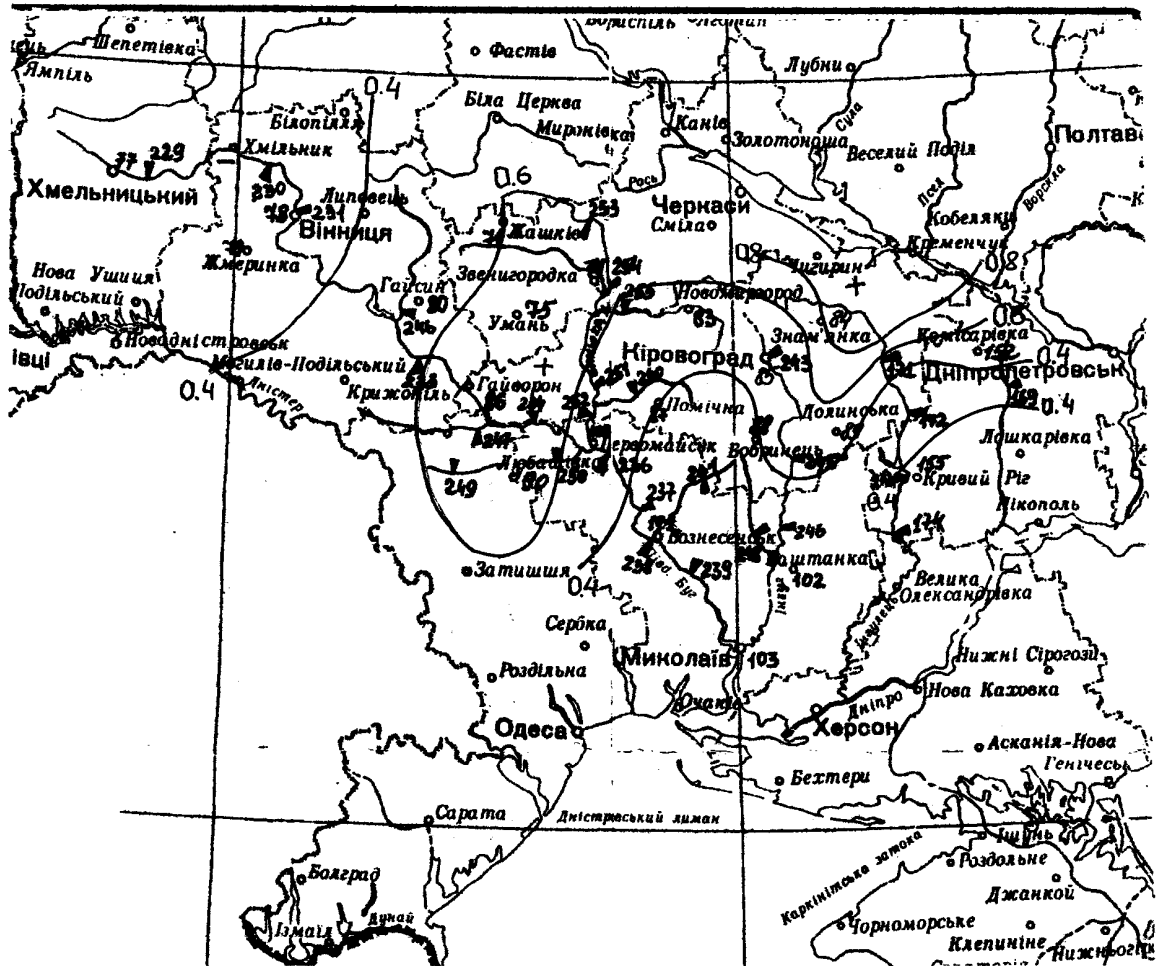


Рисунок 2.4 – Зміна по території прогнозних величин модульних коефіцієнтів максимальних витрат води весняного водопілля у 1986 р.

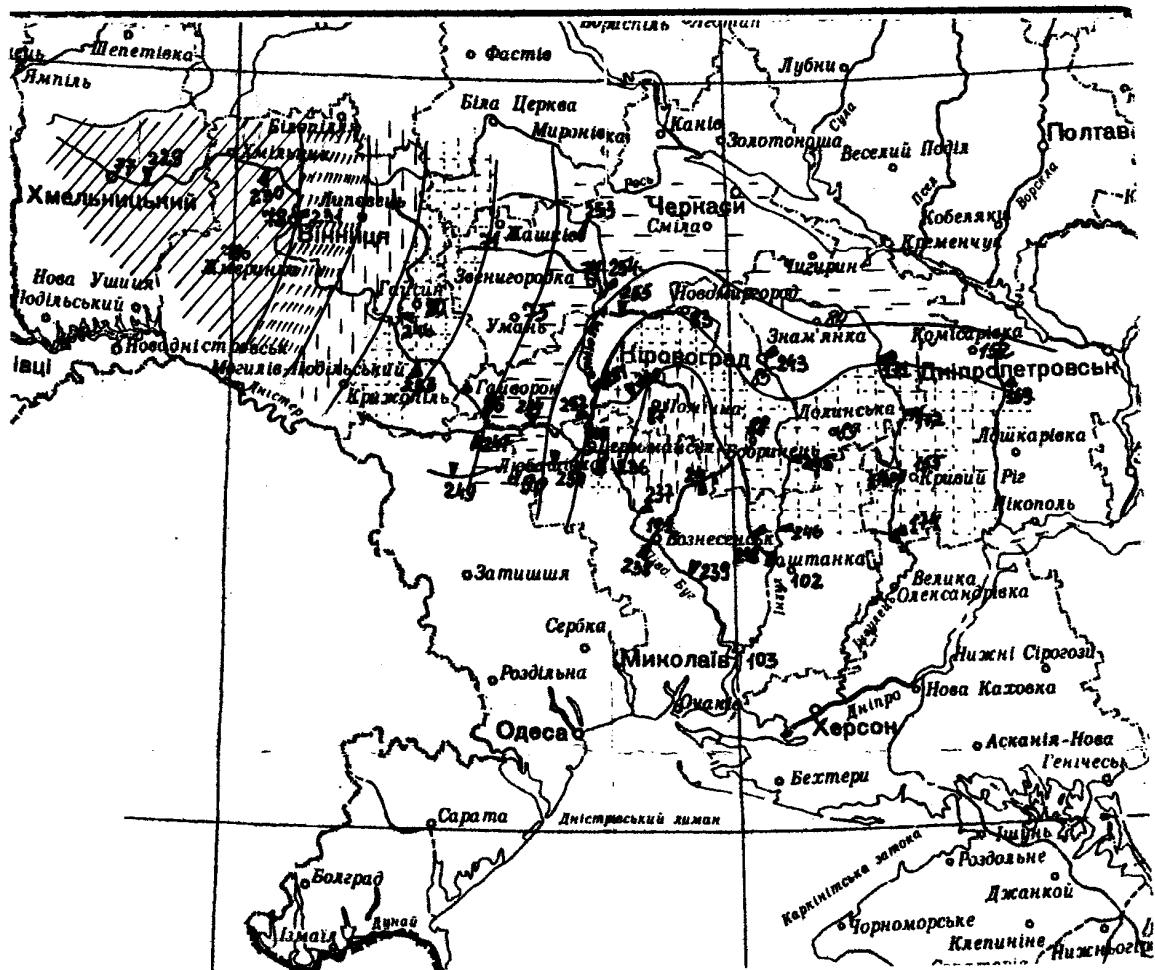
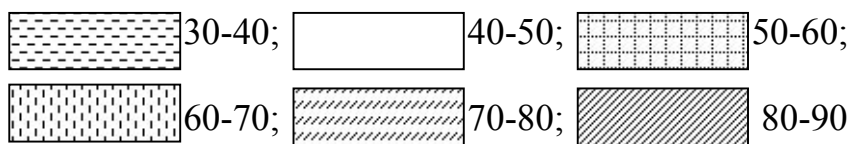


Рисунок 2.5 – Забезпеченість (Р%) прогнозних величин максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля у 1986 році



Таблиця 2.4 - Оцінка якості довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля 1986 р.  
в дату максимальних снігозапасів  $S_m$  на річках півдня України

Номери постів	Річка –пост	$\sigma$ , мм	$\delta_{дон}$ , мм	$Q_m$ , мм	$(Q_m)_{Sm}$ мм	$\delta = Q_m - (Q_m)_{Sm}$ , мм	$\delta / \delta_{дон}$
233	Південний Буг- с.Тростянець	336	227	223	110	113	0.50
234	Південний Буг- с.Підгір`я	302	204	208	314	-106	0.52
250	Кодима- с.Катеринка	24.5	16.5	18.0	30.1	-12.2	0.74
252	Синюха- с.Синюхін Брід	430	290	191	347	-156	0.54
260	Чорний Ташлик- с.Тарасівка	125	84.2	90.0	52.4	37.6	0.45
243	Інгул- м.Кіровоград	52.9	35.6	7.3	16.8	-9.5	0.27
246	Інгул -с.Новогорожено	186	125	152	98.3	53.7	0.43
171	Інгулець- п.Олександро- Степанівка	53.7	36.2	59.7	50.8	8.86	0.24
173	Інгулець- м.Кривий Ріг	162	109	135	79.2	55.8	0.51
174	Інгулець- с.Могилівка	134	90.3	136	44.1	91.9	1.00

Забезпеченість  $P\%$  прогнозних величин максимальних витрат води у 1986 р. у вигляді (1.15) наведена у табл.2.2, а також представлена на карті (рис.2.5) при складанні прогнозу в дату максимальних снігозапасів.

8. Оцінка довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля на річках півдня України у 1986 р. здійснюється шляхом визначення похибки прогнозу в долях від допустимої похибки  $(\delta_{дон})_{Q_m}$ , яка визначається за багаторічним рядом максимальних витрат води весняного стоку (при наявності спостережень), або може бути розрахована за формулою (2.9).

Оцінка прогнозу максимальних витрат води водопілля на дату максимальних снігозапасів надана в табл. 2.4.

### Перелік літератури Основної

1. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 419 с.

2. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 390 с.

3. Руководство по гидрологическим прогнозам. – Вып. 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 358 с.

4. Наставление по службе прогнозов, разд. 3, ч. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1962.-194 с.

### Додаткової

5. Комаров В.Д. Весенний сток равнинных рек Европейской части СССР, условия его формирования и методы прогнозов. – М.: Гидрометеиздат, 1959. – 295 с.

6. Соседко М.Н., Скрипник О.Н. Вероятностное представление характеристик стока половодья в виде системы случайных величин // Труды УкрНИГМИ. – 1988. – Вып. 231. – С.21 – 29.

7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.

8. Змиева Е.С., Климова В.В. Долгосрочный прогноз максимального весеннего стока // Труды Гидрометцентра СССР. -1983. -Вып. 265.-С.3- 16.

9. Шакирзанова Ж.Р. Обоснование методики территориально общего прогноза максимальных расходов воды весеннего половодья на реках юго-западной части лесной зоны // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2000. – Вип. 40 – С.97 – 103.

10. Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 302 с.

## **ДОДАТКИ**



Додаток А1

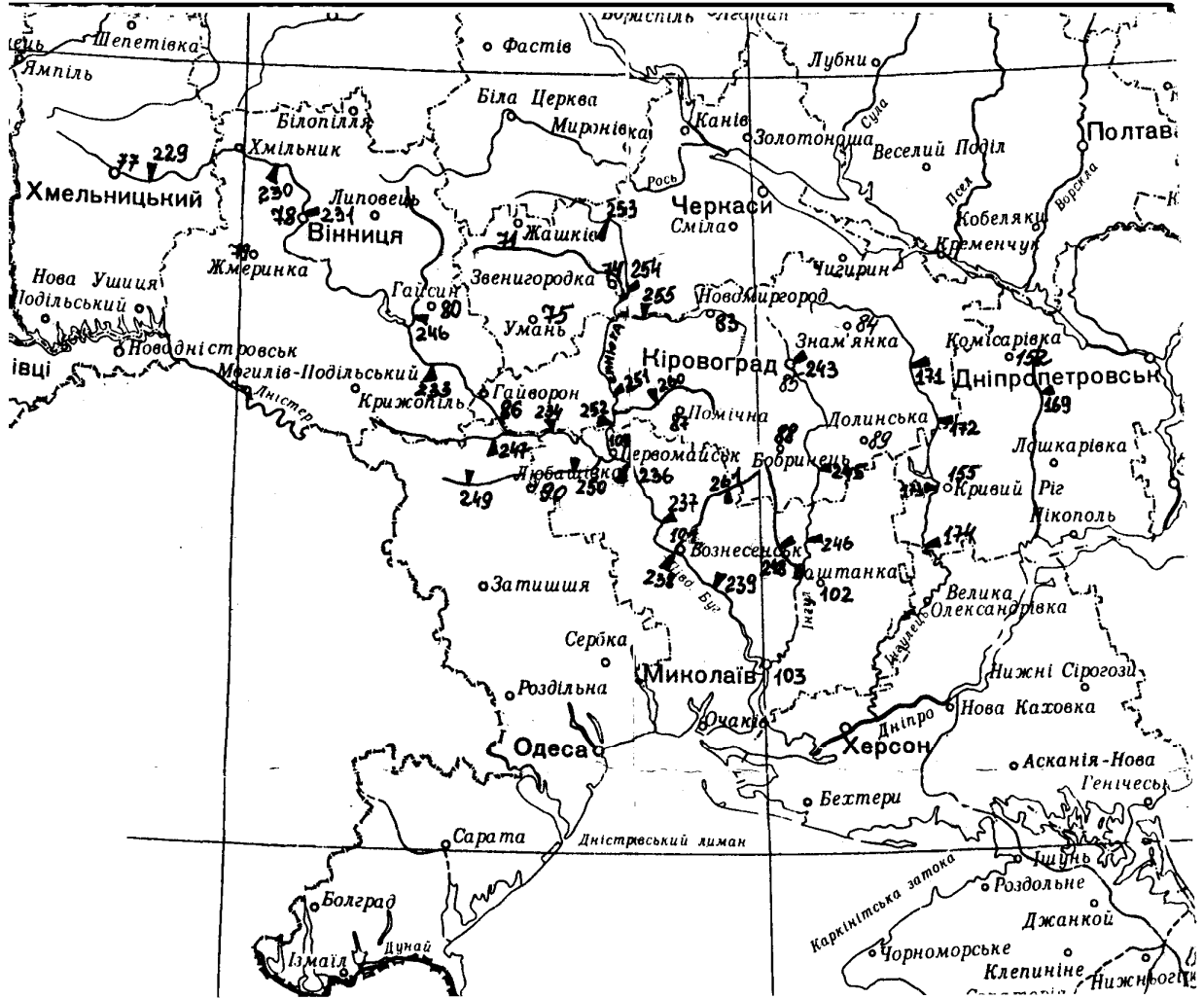


Рисунок А1 – Карта-схема гідрометеорологічної мережі

Додаток А2

Таблиця А2 - Перелік гідрологічних станцій

Номери за рисунок додатку А1	Річка	Пункт	Площа во- дозбору F, км <sup>2</sup>	Період спо- стережень за стоком
233	Південний Буг	с.Тростянець	17400	1927 – 1987
234	Південний Буг	с.Підгір'я	24600	1924 – 1987
250	Кодима	с.Катеринка	2390	1925 – 1987
252	Синюха	с.Синюхін Брід	16700	1924 – 1987
260	Чорний Ташлик	с.Тарасівна	2230	1932 – 1987
243	Інгул	м.Кіровоград	840	1944 – 1987
246	Інгул	с.Новогорожене	6670	1925 – 1987
171	Інгулець	п.Олександро- Степанівка	1400	1930 – 1988
173	Інгулець	м.Кривій Ріг	8600	1933 – 1990
174	Інгулець	с.Могилівка	9280	1925 – 1988

Додаток А3

Таблиця А3 - Перелік метеорологічних станцій

Номери за рисунком додатку А1	Станція	Висота, м БС	Період спостережень за снігозапасами
77	Хмельницький	284	1944 – 1991
78	Вінниця	285	1945 – 1991
79	Жмеринка	334	1945 – 1991
80	Гайсин	210	1946 – 1991
86	Гайворон	150	1940 – 1941, 1944 – 1991
90	Любашівка	181	1949 – 1991
71	Жашків	235	1944 – 1991
74	Звенигородка	214	1957 – 1991
87	Помічна	211	1944 – 1991
85	Кіровоград	112	1952 – 1991
88	Бобринець	142	1945 – 1991
89	Долинська	190	1935, 1936, 1946 – 1991
84	Знам'янка	200	1944 – 1991
152	Комисарівка	106	1944 – 1991
155	Кривий Ріг	99	1944 – 1950, 1955 – 1991

## Додаток Б1

### Програма “YmUKR” для прогнозу шарів стоку весняного водопілля на річках півдня України

Порядок роботи:

- 1) вхід до мови Паскаль здійснюється через файл Turbo.exe
- 2) вхід до програми здійснюється через файл YmUKR.exe
- 3) виставити курсор на останню строку програми і за допомогою клавіш Alt+F9, а потім клавіші F4 запустити роботу програми
- 4) ввести необхідні вихідні дані (приклад для р.Південний Буг-с.Підгір'я):

$n=5$	{кількість метеорологічних станцій для розрахунку факторів водопілля}
$N_0=77\ 78\ 79\ 80\ 86$	{номери метеостанцій, відповідно додатку А1 і А3}
$N=1$	{кількість років для прогнозу}
$Rik=86$	{рік, для якого складається прогноз}
$f_n=0.14$	{залісеність водозбору, в долях площі водозбору}
$N_0\ mst\ \Theta^0C=4$	{порядковий номер метеостанції, по якій використовуються дані про температуру повітря}
$N_0\ gst=234$	{номер гідрологічного поста за картою(додаток А1)}
$X_0=131$	{норма величини $S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}$ , мм}
$Y_0=32$	{норма шару стоку весняного водопілля, мм}
$L_0=54$	{норма глибини промерзання ґрунту, см}
$(Q_{09-01})_0=2.78$	{норма середнього модуля стоку осінньо-зимового періоду, л/с км <sup>2</sup> }
$F=24600$	{площа водозбору, км <sup>2</sup> }
$\sigma_{Y_m}=16.5$	{середнє квадратичне відхилення шарів стоку весняного водопілля від норми, мм};

- 5) ввести ім'я файлу для запису результатів розрахунків;
- 6) результати прогнозу надаються у вигляді таблиці.

## Додаток Б2

Програма “QmUKR” для прогнозу максимальної витрат води весняного водопілля на річках півдня України

Порядок роботи:

- 1) вхід до язику Паскаль здійснюється через файл Turbo.exe
- 2) вхід до програми здійснюється через файл QmUKR.exe
- 3) виставити курсор на останню строку програми і за допомогою клавіш Alt+F9, а потім клавіши F4 запустити роботу програми
- 4) ввести необхідні вихідні дані (приклад для р.Південний Буг-с.Підгір'я):

$n=5$	{кількість метеорологічних станцій для розрахунку факторів водопілля}
$N_0=77\ 78\ 79\ 80\ 86$	{номери метеостанцій, відповідно додатку А1 і А3}
$N=1$	{кількість років для прогнозу}
$Pik=86$	{рік, для якого складається прогноз}
$f_{\text{л}}=0.14$	{залісеність водозбору, в долях площі водозбору}
$N_0\ mst\ \Theta^0C=4$	{порядковий номер метеостанції, по якій використовуються дані про температуру повітря}
$N_0\ gst=234$ A1)}	{номер гідрологічного поста за картою(додаток А1)}
$X_0=87$	{норма величини $S_0 + X_{1_0}$ , мм}
$q_0=22.7$ ного	{норма модуля максимальної витрати води весняного водопілля, л/с·км <sup>2</sup> }
$L_0=54$	{норма глибини промерзання ґрунту, см}
$(q_{IX-I})_0=2.78$	{норма середнього модуля стоку осінньо-зимового періоду, л/с км <sup>2</sup> }
$F=24600$	{площа водозбору, км <sup>2</sup> }
$\sigma_{Q_m}=204$	{середнє відхилення максимальної витрати води весняного водопілля від норми, м <sup>3</sup> /с};

- 5) ввести ім'я файлу для запису результатів розрахунків;
- 6) результати прогнозу надаються у вигляді таблиці.

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК  
до лабораторних робіт (чергування)  
з д и с ц и п л і н и  
"Гідрологічні прогнози"

Укладач: к.г.н., доц. Шакірзанова Ж.Р.

Підп. до друку 15.05.2004р. Формат 60x84\16 Папір офсетний  
Тираж 100 прим. Замовлення 139  
Видавництво та друкарня „ТЕС” (Свідоцтво ДК №771)  
Тел.42-90-98

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, вул.Львівська, 15

---