МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра гідрології суші

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: **Прогностична оцінка щорічних гідрологічних ризиків при проходженні весняного водопілля в басейні Нижнього Подніпров'я**

Виконала магістр 2 р.н. групи МГ- 61
спеціальності 103 «Науки про Землю»,
Рудкіна Анастасія Юріївна _____
_____

Керівник д-р геогр.наук, професор
Шакірзанова Жаннетта Рашидівна

Консультант

Рецензент канд. геогр.наук, доцент
Даус Марія Євгенівна

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра гідрології суші
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Гідрологія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри гідрології суші
д-р геогр.наук, проф. Шакірзанова Ж.Р._____
"26" ____березня_____ 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Рудкіній Анастасії Юріївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Прогностична оцінка щорічних гідрологічних ризиків при проходженні весняного водопілля в басейні Нижнього Подніпров'я»

керівник роботи Шакірзанова Жаннетта Рашидівна, д-р геогр. наук, професор.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "02" 11 2017 року № 321-С

2. Строк подання студентом роботи 01.06.2018 року

3. Вихідні дані до роботи: Багаторічні та оперативні матеріали спостережень мережі гідрометслужби України, дані Центральної геофізичної обсерваторії та Українського гідрометцентру, що отримані при використані автоматизованої системи АРМгідро (запаси води в сніговому покриві, опади, температура повітря, глибини промерзання ґрунтів, витрати і рівні води в річках).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Коротка фізико-географічна характеристика басейнів річок території Нижнього Подніпров'я.
2. Гідрологічна вивченість і характеристика гідрографічної мережі. Загальна характеристика водного режиму річок.
3. Теоретичні основи методу для довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля рівнинних річок на основі встановлення типу водності весни.
4. Територіальні методи довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля рівнинних річок території Нижнього Подніпров'я.
5. Схема випуску прогнозу, картографічне представлення прогнозних величин, їх просторова оцінка, оцінка справджуваності складених прогнозів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Карто – схеми: фізико - географічного положення, ґрунтів, рослинності, розміщення гідрологічних постів, картографічне представлення прогностичних характеристик весняного водопілля на території Нижнього Подніпров'я.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7.Дата видачі завдання 26 березня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Стисла фізико географічна характеристика території Нижнього Подніпров'я	26.03-01.04. 2018		
2	Гідрологічна вивченість і характеристика гідрографічної мережі. Загальна характеристика водного режиму річок	02 - 15. 04.2018		
3	Теоретичні основи методу для довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля на основі встановлення типу водності весни	16 – 29. 04. 2018		
	Рубіжна атестація	30.04-06.05. 2018		
4	Територіальні довгострокові прогнози характеристик весняного водопілля басейну річок Нижнього Подніпров'я	07 - 15.05. 2018		
5	Картографічна форма представлення прогностичних величин шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля та їх забезпеченості, просторова прогностична оцінка характеристик стоку весняного водопілля в басейнах річок території Нижнього Подніпров'я	15.05-20.05 2018		
6	Результати прогнозів максимальних витрат і шарів стоку весняного водопілля, їх оцінка	21.05-31.05. 2018		
	Перевірка роботи на плагіат, підготовка презентації, доповіді	01.06-15.06. 2018		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			

Студент _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота студентки гр. МГ-61 Рудкіної А.Ю. на тему «Прогностична оцінка щорічних гідрологічних ризиків при проходженні весняного водопілля в басейні Нижнього Подніпров'я».

Актуальність теми. Дослідження особливостей формування весняного водопілля рівнинних річок та довгострокове прогнозування його характеристик є актуальною задачею.

Метою досліджень є використання методу територіальних довгострокових прогнозів шарів стоку і максимальних витрат води весняного водопілля в межах території Нижнього Подніпров'я для просторової прогностичної оцінки характеристик стоку водопілля річок.

Об'єкт дослідження. Природні умови формування і прогнозування характеристик стоку в період весняного водопілля на річках території Нижнього Подніпров'я.

Методи дослідження. Використано комплексний географічний підхід до аналізу водного режиму річок; науково-методичні основи та практичне застосування методу територіального довгострокового прогнозування шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля, дискримінантний аналіз, просторове узагальнення інформації.

Теоретичне та практичне значення. За схемою, викладеною в роботі, можливе прогнозування весняних водопіль при недостатній кількості або відсутності гідрологічних спостережень; можлива картографічна форма представлення прогностичних величин шарів стоку і максимальних витрат води весняного водопілля (у вигляді модульних коефіцієнтів) та їх забезпеченості (%); використовувалися науково-методичні засади та практичне застосування методу територіального довгострокового прогнозування шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля для весняного водопілля 2017-2018 р.

Вихідні дані. Багаторічні та оперативні матеріали спостережень мережі гідрометслужби України, дані Центральної геофізичної обсерваторії та Українського гідрометцентру, що отримані при використані автоматизованої системи АРМгідро (запаси води в сніговому покриві, опади, температура повітря, глибини промерзання ґрунтів, витрати і рівні води в річках).

Структура и обсяг роботи

Кількість сторінок – 127

Кількість рисунків – 27

Кількість таблиць – 27

Кількість використаної літератури – 15

***Ключові слова**: весняне водопілля, довгостроковий прогноз, картування.*

SUMMARY

Master's qualification work of student gr. MG-61 Rudkina A.Yu. on the theme "Prognostic Asessment of the Annual Hydrological Risks during Spring Floods in the Basin of the Lower Dnipro River"

Actuality of theme. The study of peculiarities of formation of spring floodplain of plain rivers and long-term forecasting of its characteristics is an urgent task.

The purpose of the research is to use the method of territorial long-term forecasts of runoff layers and maximum water consumption of spring water within the territory.

Object of study. Natural conditions for the formation and forecasting of runoff characteristics during the spring flood waters on the rivers of the Lower Dnieper River.

Research methods. The complex geographic approach to the analysis of rivers water regime is used; scientific-methodical bases and practical application of the method of territorial long-term forecasting of layers of drainage and maximum water consumption of spring water, discriminatory analysis, spatial generalization of information.

Theoretical and practical significance. According to the scheme outlined in the work, it is possible to forecast the spring water in case of insufficient quantity or absence of hydrological observations; possible cartographic form of presentation of the forecast values of runoff layers and maximum water consumption of spring water (in the form of modular coefficients) and their availability (%); scientific-methodical principles and practical application of the method of territorial long-term forecasting of runoff layers and maximum water consumption of spring water for spring runoff 2017-2018 were used.

Output data. The long-term and operational materials of the observations of the network of hydrometeorological services of Ukraine, data of the Central Geophysical Observatory and the Ukrainian Hydrometeorological Center, obtained using the automated system of ARMhydro (water reserves in snow cover, precipitation, air temperature, depth of freezing of soils, costs and water levels in rivers).

Structure and scope of work

Numerosity of pages -127
Numerosity of drawings -27
Numerosity of tables -27
Numerosity of used literature -15
Keywords: *spring waterfall, long-term forecast, mapping.*

ЗМІСТ

Вступ…… 8

1 Стисла фізико- географічна характеристика території Нижнього Подніпров'я…….. 9

1.1 Географічне положення……..… 9

1.2 Ґрунти та рослинність……. 10

1.3 Кліматична характеристика басейну……..… 12

1.4 Карст…….. 29

1.5 Гідрографічна мережа…….. 29

1.6 Гідрологічна вивченість…….. 31

1.7 Загальна характеристика водного режиму річки та її живлення……..……... 34

2 Територіальні методи довгострокових прогнозів весняного водопілля рівнинних річок……... 39

2.1 Теоретичні основи методу для довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля на основі встановлення типу водності весни……. 40

2.2 Територіальний метод для довгострокового прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля на основі діагнозу очікуваної весни……..... 46

2.3 Методика визначення забезпеченості прогнозних величин шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля……..... 52

2.4 Картографічна форма представлення прогностичних величин шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля та їх забезпеченості……. 53

2.5 Визначення факторів весняного водопілля……..... 54

3 Територіальні довгострокові прогнози характеристик весняного водопілля річок басейну Нижнього Подніпров'я ……... 67

3.1 Методичні рекомендації щодо довгострокових просторових 67

прогнозів шарів стоку весняного водопілля на річках басейну Нижнього Подніпров'я……...
3.1.1 Схема складання прогнозів шарів стоку весняного водопілля за наявності та відсутності гідрологічних даних на річках…… 67
3.1.2 Схема складання прогнозів шарів стоку весняного водопілля за наявності картосхем очікуваних модульних коефіцієнтів та їх ймовірності настання……. 94
3.2 Методичні рекомендації щодо довгострокових просторових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля…….. 97
3.2.1 Результати прогнозів максимальних витрат і шарів стоку весняного водопілля, їх представлення та оцінка…….. 97
3.2.2 Схема довгострокового прогнозування максимальних витрат води по картосхемах прогнозних модульних коефіцієнтів та їх забезпеченості……. 103
Висновки..... 107
Список використаної літератури……. 109

ВСТУП

Весняне водопілля – це найбільш багатоводна фаза рівнинних річок України. При катастрофічному розвитку ситуації відбувається підйом рівнів води, що призводить до виходу води на заплаву і підтоплення населених пунктів, доріг, сільськогосподарських угідь, руйнування мостів, та інших водогосподарських споруд. Тому прогноз максимального стоку весняного водопілля є особливо актуальним.

Метою роботи є використання методу територіального довгострокового прогнозу шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля в межах території.

Складання прогнозу шарів стоку та максимальних витрат весняного водопілля здійснено для низки років, а також для поточного 2017 – 2018 р.

Об'єктом дослідження є стік весняного водопілля в межах річкового басейну Нижнього Дніпра.

Вихідні дані це багаторічні та оперативні матеріали спостережень мережі гідрометслужби України, дані Центральної геофізичної обсерваторії та Українського гідрометцентру, що отримані при використані автоматизованої системи АРМгідро (запаси води в сніговому покриві, опади, температура повітря, глибини промерзання ґрунтів, витрати і рівні води в річках).

Новизна дослідження – методика територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля річок дає змогу прогнозування стокових величин для річок будь-яких розмірів та не залежно від стану їх гідрометеорологічної вивченості.

Тема дипломного проекту є складовою частиною науково-дослідної тематики кафедри гідрології суші ОДЕКУ «Розрахункові характеристики гідрологічного режиму річок України» (2013-2017 рр., № ДР 0113U005797, проміжного звіту 2016 р.).

Апробація - здійснено апробацію роботи – у чотирьох наукових конференціях (з них 1 – міжнародна, 3 – університетські) з публікацією тез доповідей (2017 р.).

1 СТИСЛА ФІЗИКО- ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ НИЖНЬОГО ПОДНІПРОВ'Я

1.1 Географічне положення

Нижнє Подніпров'я – долина Дніпра від острова Хортиця до Дніпровського лиману. Займає частину території Дніпропетровської, Херсонської та Запорізької областей, що представлено на рис. 1.1.

У даному розділі використовуються матеріали з наступних джерел [1-3], за списком використаної літератури.

На заході межі району проходять по вододілам річок Південного Бугу, на півночі та північному сході – по кордонам річок Середнього Подніпров'я та Сіверського Дінця, на сході – по вододілам річок які впадають до Азовського моря.

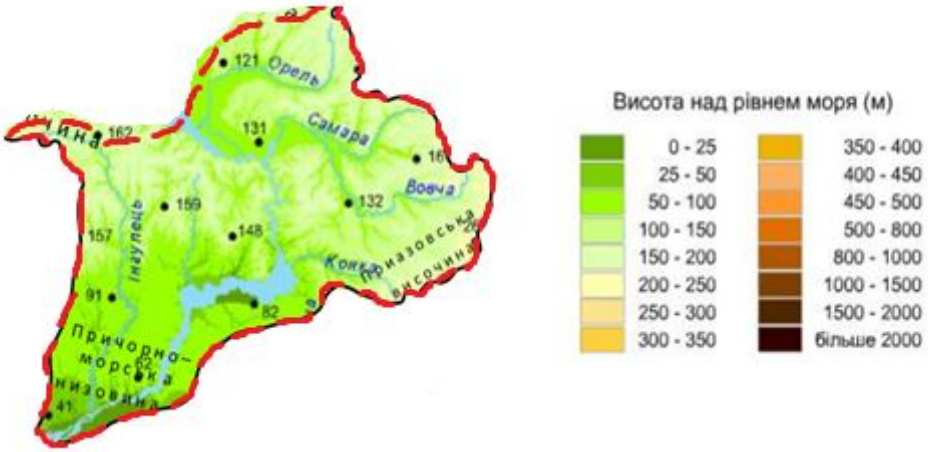

Рис. 1.1 – Карта – схема географічного положення басейнів річок території Нижнього Подніпров'я

Досліджувана територія має рівнинний рельєф, який часто порушується замкненими пониженнями. Нижнє Подніпров'я частково займає територію Причорноморської низовини, абсолютні відмітки якої не перевищують 120-

150м. Поверхня низовини плоска, рівнинна. Річкові долини врізані на глибину 20-80 м. Характерною рисою Причорноморської низовини є наявність різних за розмірами блюдець і подів з пологими схилами. Середня частина Нижнього Подніпров'я розташована у Придніпровській та Приазовській височинах. Середні висоти – до 324 м (м. Могила-Бельмак).

Територія Нижнього Подніпров'я розташована у степовій зоні, де характерна трав'яна степова рослинність. Дерева і кущі зустрічаються на берегах водойм і в балках. Природні ліси в степах займають невелику площу. Середня лісистість зони становить 3%.

Луки в зоні степів здебільшого прилягають до заплав річок .

1.2 Ґрунти та рослинність

Ґрунтовий покрив досліджуваної території представлений здебільшого чорноземами (рис. 1.2).

Чорноземи звичайні тягнуться на південь і представлені чорноземами середньо- і мало гумусними і чорноземами малопотужними мало гумусними. Далі вони переходять у чорноземи південні. Також широко розповсюджені чорноземи осолоділі, вони залягають вздовж пісочних терас. В западинах розвинені солонці осолоділі.

Природна рослинність лівобережжя, в межах басейну р. Самара, представлена лісами, що чергуються між собою і луговими степами, в даний час переважно знищена, а що залишилася – сильно порушена і видозмінена. На заплавах, позбавлених рослинності, розміщені різні сільськогосподарські угіддя. Різноманітність рослинності на території Нижнього Подніпров'я представлена на рис. 1.3.

Рис. 1.2 – Схематична карта ґрунтів території Нижнього Подніпров’я

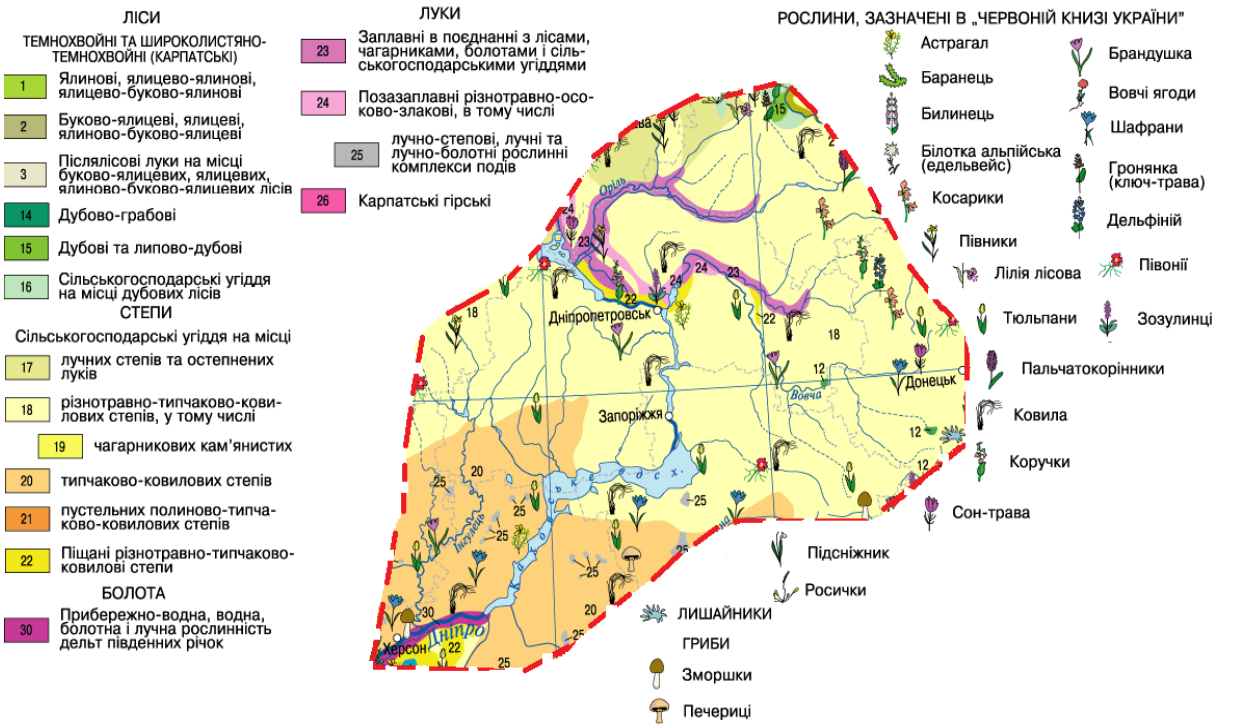

Рис. 1.3 – Схематична карта рослинності території Нижнього Подніпров’я

Природна рослинність лівобережжя, в межах басейну р. Самара, представлена лісами, що чергуються між собою і луговими степами, в даний час переважно знищена, а що залишилася – сильно порушена і видозмінена. На заплавах, позбавлених рослинності, розміщені різні сільськогосподарські угіддя. Різноманітність рослинності на території Нижнього Подніпров'я представлена на рис. 1.3.

На крайньому півдні Причорноморської низовини тягнеться смуга типових типчаково-ковильних і типчаково-полинних степів. Тут панує полинь австрійська, молочай Сегюєра, ромашник, деревій, жовтець, цикорій, дельфиніум, люцерна жовта, астрагали, буркун. Досить часто зустрічаються кущі шипшини, дерези й бобівника .

1.3 Кліматична характеристика басейну

Клімат помірно-континентальний. Степова зона характеризується найбільшими тепловими ресурсами, найменшою зволоженістю [1,3-5.].

Погода відрізняється сухістю, мінливістю. В розподіленні основних кліматичних елементів на досліджуваній території спостерігається широтна зональність.

Основні риси клімату описуваної території формуються під впливом загальних і місцевих кліматоутворюючих факторів. Головним з них є приплив тепла від сонця, який в основному залежить від географічної широти місця, збільшуючись з півночі на південь. Дуже важливим фактором є також атмосферна циркуляція. Вже згадана територія знаходиться під впливом повітряних мас, які прийшли з Атлантики, Арктичного басейну або сформувалися над великими континентальними територіями Євразії.

Чорне і Азовське моря помітно впливають на клімат південних районів. У прибережних районах спостерігається збільшення вологості повітря і згладжування добового ходу температури повітря.

Температурний режим Нижнього Дніпра визначається особливостями атмосферної циркуляції, радіаційними чинниками і характером підстильної поверхні. Середні температури січня змінюються з північного сходу на південний захід від (-7,5°С) – (-8,0°С) до -2,0°С.

У теплу пору року температурний режим визначається радіаційними чинниками; поряд з ними значний вплив робить підстилаюча поверхня.

Середньомісячна температура повітря на розглядуваній території України в основному змінюється з півночі на південь і впродовж більшої частини року є плюсовими і досягають найбільшої величини в липні (від +18,0°С на північному заході до +24°С – на півдні). Найвища літня температура (абсолютний максимум) становить +40,0°С у південній степовій зоні.

Дані за середню місячну та річну температуру повітря наведені в табл. 1.1.

Опади в степу не перевищують в середньому 500 мм. Це зона недостатнього зволоження, що вимагає додаткового внесення вологи особливо в південному степу, де середня річна кількість опадів близько 400 мм. Найменша кількість опадів спостерігається в прибережних районах Херсонщини – 350-400 мм.

Більша частина опадів на території України випадає в теплу пору року.

Дані за середню кількість опадів наведені в табл. 1.2.

Середня кількість опадів за рік на метеостанціях змінюється від центральної частини – 499 мм (метеостанція Кіровоград) до північної частини – 555 мм (метеостанції Чигирин).

Таблиця 1.1 – Середня місячна та річна температура повітря, ^{0} С

Метеостанція	Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Кіровоград	Середня	-5,7	-4,3	0,5	8,9	15,3	18,6	20,0	19,4	14,7	8,1	2,3	-2,3	8,0
	Середнє квадратичне відхилення	3,7	3,5	3,1	2,2	1,8	1,8	1,5	1,5	1,3	1,7	2,0	2,2	1,0
	Найбільш низька	-15,1	-15,2	-7,7	3,4	10,6	15,4	17,6	16,8	11,3	1,4	-6,1	-10,5	5,9
	Рік	1963	1929	1987	1929	1919	1894	1912	1976	1997	1920	1993	1890	1987
	Найбільш висока	0,9	3,0	6,5	13,7	18,8	23,4	25,6	24,9	20,2	14,0	7,7	3,7	9,8
	Рік	1936	2002	1990	1950	1996	1875	1936	1929	1909	1918	1923	1886	1975
Губиниха	Середня	-6,1	-4,7	0,4	9,2	15,9	19,2	20,7	20,0	14,8	7,9	2,0	-2,6	8,1
	Середнє квадратичне відхилення	3,7	3,5	3,1	2,4	2,0	1,9	1,5	1,7	1,4	1,8	2,0	2,4	1,1
	Найбільш низька	-15,2	-16,1	-7,7	3,0	13,0	16,6	18,0	17,0	11,4	3,3	-6,8	-7,5	5,6
	Рік	1950	1954	1987	1987	1945	1982	1976	1976	1959	1976	1993	1948	1987
	Найбільш висока	-0,6	2,4	5,5	13,9	20,0	23,7	24,4	23,6	17,8	11,9	5,6	3,7	10,1
	Рік	1966	2002	1989, 1990	1950	1979	1954	1959	1972	1954	1974	1990	1960	1966

Продовження таблиці 1.1

Метеостанція	Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Гуляйполе	Середня	-5,0	-3,7	1,1	9,4	15,5	19,3	21,2	20,2	15,0	8,1	2,9	-1,6	8,5
	Середнє квадратичне відхилення	3,5	3,4	2,8	2,3	1,8	1,6	1,4	1,6	1,2	1,8	2,0	2,3	1,0
	Найбільш низька	-15,4	-15,5	-7,2	3,6	12,7	17,1	18,8	17,7	12,1	3,7	-6,6	-7,6	6,2
	Рік	1950	1954	1987	1987	1978	1982	1985	1987	1959	1951, 1976	1993	1948	1942, 1987
	Найбільш висока	0,9	3,3	5,6	13,7	19,4	23,3	25,8	24,0	18,3	12,7	6,5	4,2	10,6
	Рік	1948	2002	1989	1950	1979	1954	1938	1938	1954	1955	1990	1960	1966
Чигирин	Середня	-5,5	-4,2	0,5	9,1	15,7	18,9	20,3	19,5	14,8	8,4	2,5	-2,1	8,2
	Середнє квадратичне відхилення	3,9	3,5	3,1	2,3	1,7	1,7	1,5	1,3	1,3	1,6	2,0	2,3	1,0
	Найбільш низька	-15,4	-16,0	-7,2	3,2	12,6	15,8	18,3	16,8	11,7	4,3	-6,2	-9,7	6,0
	Рік	1963	1954	1987	1929	1980	1933	1978, 1979	1976	1959	1951	1993	1927	1933, 1987
	Найбільш висока	0,9	3,7	6,6	13,9	18,6	23,0	24,9	23,2	18,1	12,5	6,3	3,8	10,1
	Рік	1936	2002	1990	1950	1979	1975	1936	1929	1937	1929	1926	1960	1975, 1989

Таблиця 1.2 – Середня кількість опадів з поправками до показань опадоміра, мм [26]

Метео-станція	Характе-ристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XП (XI-III)	ТП (IV-X)	Рік
Кірово-град	Середня	32	31	27	36	45	66	72	48	38	27	35	42	167	332	499
	Середнє квадратичне відхилення	25,3	16,4	17,3	19,3	18,9	47,1	32,9	27,4	36,2	23,2	23,9	22,8	61,7	79,2	106,4
	Коефіцієнт варіації	0,78	0,52	0,64	0,53	0,42	0,72	0,46	0,58	0,96	0,87	0,68	0,55	0,37	0,24	0,21
	Найменша	1	1	0	0	1	5	1	6	0	0	2	2	45	148	278
	Рік	1882, 1885	1954, 1972	1921	1886	1937	1959	1967	1885, 1892	1903, 1944	1944, 1987	1920, 1926	1948	1954	1959	1904
	Найбільша	130	93	80	136	142	216	217	151	197	153	145	98	344	568	783
	Рік	1966	1941	1914	1922	1879	1980	1906	1911	1922	1905	1952	1966	1966	1932	1932
Губи-ниха	Середня	48	34	31	40	46	69	58	43	41	36	44	55	212	333	545
	Середнє квадратичне відхилення	31,0	17,1	16,2	19,2	33,5	43,9	37,3	29,8	30,8	34,9	28,0	27,5	62,4	97,5	118,4
	Коефіцієнт варіації	0,64	0,51	0,52	0,48	0,73	0,64	0,65	0,69	0,75	0,98	0,63	0,50	0,29	0,29	0,22
	Найменша	4	2	3	2	3	2	3	2	2	0	4	6	54	167	334
	Характе-ристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI				
	Рік	1972	1976	1986	1948	1949	1946	1961	1986	1983	1987	1958	1948, 1972	1954	1968	1951

Продовження таблиці 1.2

	Найбільша	135	65	75	90	140	207	141	140	114	142	120	132	351	611	847
	Рік	1966	1981	1988	1976	1961	1977	1977	1945	1978	1982	1980	1966	1966	1977	1977
Чиги-рин	Середня	39	37	33	39	47	65	73	60	41	33	40	48	197	358	555
	Середнє квадратичне відхилення	27,5	22,1	18,1	17,3	27,1	34,9	37,9	37,9	33,1	27,9	25,5	24,2	65,7	80,6	124,9
	Коефіцієнт варіації	0,71	0,60	0,56	0,45	0,58	0,54	0,52	0,63	0,80	0,85	0,64	0,51	0,33	0,23	0,23
	Найменша	4	0	2	3	1	7	5	4	1	0	1	4	66	201	336
	Рік	1894	1954, 1972	1982	1918, 1934	1900	1901	1928	1890	1903	1987	1926, 1978	1953	1954	1951	1916
	Найбільша	142	96	79	122	117	249	183	186	138	135	128	113	406	577	802
	Рік	1966	1952	1980	1935	1894	1949	1949	1976	1971	1939	1952	1963	1966	1958	1980

В теплий період року максимум спостерігається в північній частині, де середня кількість опадів дорівнює 358 мм (метеостанція Чигирин). В холодний період року максимум спостерігається в південній частині, де середня кількість опадів дорівнює 212мм (метеостанція Губиниха). Максимум середньої кількості опадів за рік спостерігається в північній частині - 555 мм (метеостанція Чигирин).

Сніг є важливим кліматоформуючим фактором і основним джерелом живлення рівнинних річок України у період весняного водопілля.

В табл. 1.3 наведені дати першого та останнього заморозку та тривалість без морозного в періоду. З таблиці видно, що дата першого та останнього заморозку відбувається в середньому 10.Х та 24.IV. Тривалість безморозного періоду змінюється від 186 діб на півночі території до 174-177 – в центрі та 157 – на півдні. Дати утворення та сходу снігового покриву залежать від погодних умов із року в рік можуть значно варіювати, суттєво відрізняючись від середніх багаторічних строків.

Дати утворення та сходу снігового покриву залежать від погодних умов і з року в рік можуть значно варіювати, суттєво відрізняючись від середніх багаторічних строків (табл. 1.4).

Дата поява снігового покриву відбувається з 17.XI (метеостанція Губиниха) до 25.XI (метеостанція Чигирин). Дані по датам утворення стійкого снігового покриву та руйнування снігового покриву наведені у табл.1.6. Дата утворення стійкого снігового покриву відбувається з 25.XII, де середнє квадратичне відхилення дорівнює 17 (метеостанція Чигирин) до 25.I – 20 (метеостанція Губиниха). Дата руйнування стійкого снігового покриву відбувається з 26.II, де середнє квадратичне відхилення дорівнює 29 (метеостанція Чигирин) до 6.III – 23 (метеостанція Губиниха).

Таблиця 1.3 – Дата першого й останнього заморозку та тривалість без морозного періоду

Метеостанція	Дата останнього заморозку							Дата першого заморозку						
	Середня	Середнє квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації	Найраніша	Рік	Найпізніша	Рік	Середня	Середнє квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації	Найраніша	Рік	Найпізніша	Рік
Кіровоград	19.IV	11,2	0,55	23.III	1920	24.V	1904, 1910	11.X	10,5	0,28	5.IX	1906	10.XI	1938
Губиниха	15.IV	12,1	0,26	24.III	1951, 1966	11.V	1945	10.X	9,8	1,06	17.IX	1952	31.X	1955
Гуляйполе	24.IV	12,5	0,63	31.III	1970	22.V	1990	29.IX	10,7	0,37	11.IX	1968	26.X	1950
Чигирин	10.IV	11,2	1,14	23.III	1984, 1986	18.V	1936	14.X	11,9	0,88	17.IX	1936	19.XI	1960

19

Продовження таблиці 1.3

Метеостанція	Тривалість (дні) безморозного періоду						
	Середня	Середнє квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації	Найменша	Рік	Найбільша	Рік
Кіровоград	174	14,2	0,08	125	1910	201	1966
Губиниха	177	14,4	0,08	129	1952	205	1966
Гуляйполе	157	14,8	0,09	129	1952, 1990	188	1961
Чигирин	186	14,3	0,08	121	1936	218	1967

Таблиця 1.4 – Дати появи та сходу снігового покриву, утворення та руйнування сталого снігового покриву

Метеостанція	Дата появи снігового покриву						Дата утворення стійкого снігового покриву					
	Середня	Середнє квадратичне відхилення	Найраніша	Рік	Найпізніша	Рік	Середня	Середнє квадратичне відхилення	Найраніша	Рік	Найпізніша	Рік
Кіровоград	22.XI	15,4	21.X	1976	28.XII	1982	31.XII	16,4	6.XII	1963	3.II	1965
Губиниха	17.XI	11,1	25.X	1979	6.XII	1963, 1968	25.I	20,5	21.XI	1988	28.II	1985
Гуляйполе	24.XI	16,4	29.X	1979	20.XII	1962	*	*	*	*	*	*
Чигирин	25.XI	15,6	25.X	1979	28.XII	1982	25.XII	17,1	24.XI	1975	20.I	1970

21

Продовження таблиці 1.4

Метеостанція	Дата руйнування стійкого снігового покриву						Дата сходу снігового покриву					
	Середня	Середнє квадратичне відхилення	Найраніша	Рік	Найпізніша	Рік	Середня	Середнє квадратичне відхилення	Найраніша	Рік	Найпізніша	Рік
Кіровоград	6.III	23,1	15.I	1962	8.IV	1963	23.III	19,5	12.II	1972	25.IV	1981
Губиниха	26.II	29,2	28.XII	1967	14.IV	1987	21.III	17,7	6.II	1974	19.IV	1979
Гуляйполе	*	*	*	*	*	*	19.III	12,6	19.II	1989	14.IV	1987
Чигирин	2.III	27,3	26.XII	1975	4.IV	1987	23.III	17,1	15.II	1966	20.IV	1969, 1989

Запаси води у сніговому покриві, що накопичилися на кінець зимового періоду, в основному визначають майбутній об'єм весняного водопілля і, при цьому, входять головною складовою в прогнозну методику при отриманні майбутніх величин шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля(табл.1.5).

Середнє значення запасу води в сніговому покриві на останній день декади в центральній частині дорівнює 47 мм; на півночі - 43 мм; на півдні – 28мм

Максимальні значення спостерігаються в центральній частині, яке дорівнює 321 мм (метеостанція Губиниха, 1986 - 1987 рр.), в південному районі розглядуваної території - 143 мм (метеостанція Гуляй Поле, 1986 - 1987 рр.), в півночі – 119 мм (метеостанція Чигирин, 1962 - 1963рр.) (табл.1.5).

Вітровий режим на досліджуваній території визначається змінами атмосферного тиску, трансформацією повітряних мас, циркуляційними процесами, орографією, розташуванням господарських угідь, населених пунктів, великих міст. Напрям і швидкість вітру протягом року постійно змінюються залежно від впливу названих чинників. Дані по середній річній та місячній швидкості вітру наведені у табл. 2.6. Середня річна швидкість вітру змінюється в напрямку з півночі (метеостанція Чигирин – 2,9 м/с) до центральної частини розглядуваної території (метеостанція Кіровоград - 4,1 м/с).

Ступінь промерзання ґрунтів на рівнинній України неоднорідна по території і змінюється у широтному напрямку при закономірній зміні всього комплексу ландшафтних і кліматичних характеристик. Дані по середнім глибинам за областями наведені у табл. 1.7. Максимальна глибина промерзання грунтів спостерігається у лютому, максимальні її значення змінюються від півночі на південь від 35-38 см (Кіровоградській області) до 21-23 см (Запорізька область).

Таблиця 1.5 – Запас води в сніговому покриві на останній день декади

Метеостанція	XI			XII			I			II			III			Найбільший за зиму						
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	середній	середнє квадратичне відхилення	коефіцієнт варіації	мінімальний	зима	максимальний, мм	Зима
Губиниха		•	•	•	•	•	•	17	•	•	•	22	•	•	•	47	58,1	1,23	0	1980-81	321	1986-87
Гуляйполе		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	28	28,3	1,02	0	1971-72, 1980-81	143	1986-87
Чигирин	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	24	•	•	•	43	33,3	0,77	0	1983-84	119	1962-63

Таблиця 1.6 – Середня місячна та річна швидкість вітру

Метеостанція	Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Кіровоград	Середня	4,5	4,8	4,6	4,4	3,9	3,5	3,4	3,5	3,6	3,8	4,2	4,4	4,1
	Середнє квадратичне відхилення	0,6	1,0	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,3
	Коефіцієнт варіації	0,13	0,21	0,14	0,14	0,11	0,14	0,11	0,17	0,12	0,14	0,14	0,11	0,08
	Найменша	3,3	3,0	3,5	3,7	3,2	2,4	2,8	2,6	2,8	2,8	3,0	3,6	3,6
	Рік	1988	1982	1978	1977, 1980	1983	1988	1973, 1988	1964	1982	1972	1964	1972	1972
	Найбільша	6,1	8,8	6,0	6,2	4,9	4,5	4,4	5,6	4,5	4,8	5,6	5,6	5,2
	Рік	1969	1969	1962	1965	1969	1965	1969	1968	1985	1987	1969	1962	1969
	Максимальна	28ф	29а	26а	24ф,а	29а	25а	20а	22а	26а	35а	25а	28ф	35а
	Рік	1964	1967	1983	1965, 1987	1979	1975	1988	1966	1968	1969	1988	1963	1969
	Дата	27	11, 12	8, 12	10, 27	19	7	7	10	17	28	30	14	28.X
Губиниха	Середня	3,8	4,3	3,9	3,7	3,2	2,6	2,4	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,3
	Середнє квадратичне відхилення	0,8	1,6	0,9	0,9	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,4
	Коефіцієнт варіації	0,22	0,37	0,22	0,24	0,18	0,18	0,18	0,21	0,1				1
	Найменша	2,5	2,2	2,6	2,8	1,8	1,6	1,6	1,5	1,9	2,2	1,7	2,0	2,6
	Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік

Продовження таблиці 1.6

	Рік	1978	1982	1978	1986, 1990	1984	1977	1986	1982	1980, 1990	1979	1986	1985	1982
	Найбільша	6,4	11,0	5,6	7,6	4,4	3,3	3,4	3,5	3,8	4,7	5,0	5,4	4,0
	Рік	1969	1969	1974	1965	1963	1963	1968	1961, 1963	1968	1987	1962	1962	1962
	Максимальна	27а	28ф	28а	20а	27а	22а	20ф	20а	20а	20ф	25а	24ф	28ф,а
	Рік	1985	1969	1983	1987	1985	1982	1973, 1974	1989	1989	1973	1981	1977	1969, 1983
	Дата	4	17,18 ,19	8	27	31	15	25,26	31	1	19	16, 17	25	17,18 19.II, 8.III
Гуляйполе	Середня	3,8	4,4	3,7	3,4	2,8	2,3	2,1	2,1	2,4	2,7	3,3	3,5	3,0
	Середнє квадратичне відхилення	1,0	2,2	0,9	0,9	0,7	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,9	0,9	0,6
	Коефіцієнт варіації	0,26	0,50	0,23	0,27	0,23	0,19	0,17	0,20	0,21	0,23	0,29	0,25	0,19
	Найменша	1,9	1,5	2,4	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	1,4	1,9	1,2	1,9	2,1
	Рік	1990	1982	1985	1990	1984	1983, 1989	1988	1982	1989	1983, 1984	1982	1983, 1985	1982
	Найбільша	6,9	14,0	5,6	6,7	4,2	3,4	2,8	3,0	3,5	4,3	5,5	5,2	4,7
	Рік	1969	1969	1974	1965	1962	1969	1962, 1969	1965	1968	1987	1962	1962	1969
	Максимальна	34ф	40ф	24а	26ф	25ф	21а	20ф	20ф	20ф	34ф	25а	34а	40ф
	Рік	1969	1969	1983	1962	1966	1980	1969	1968	1971	1969	1981	1981	1969
	Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
	Дата	5	17, 18	8	15	20	27	13	25	20	28	30	14	17,18 .II

Продовження таблиці 1.6

Чигирин	Середня	3,2	3,3	3,2	3,0	2,9	2,6	2,5	2,5	2,6	2,7	3,0	3,1	2,9
	Середнє квадратичне відхилення	0,9	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	0,8	0,7
	Коефіцієнт варіації	0,28	0,33	0,30	0,30	0,32	0,30	0,27	0,28	0,28	0,26	0,32	0,27	0,26
	Найменша	2,0	1,7	1,8	1,9	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,6	1,7	2,0
	Рік	1978	1982	1978	1980	1983	1988	1988	1982	1982	1990	1990	1990	1982
	Найбільша	4,8	6,2	5,6	5,6	4,5	4,4	4,0	4,1	4,0	4,0	4,9	5,0	4,3
	Рік	1961, 1965	1969	1961	1965	1973	1962	1962	1961	1964	1969, 1973	1969	1973	1962
	Максимальна	24а	34ф	26а	24ф	40ф	24а	34ф	27а	20а	40ф	23а	28ф	40ф
	Рік	1964, 1989	1962	1983	1968	1969	1981	1966	1988	1975, 1987	1969	1981	1967	1969
	Дата	27, 28, 1	16	8	25	31	9	25	17	9, 21	28	3	3	31.V, 28.X

Таблиця 1.7 – Глибина промерзання грунтів, см

Агрокліматичні зони та області	X	XI			XII			I			II			III	
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Степ															
Дніпропетровська	•	•	•	14	17	20	23	24	25	29	32	34	33	33	34
Запорізька	•	•	•	4	12	13	14	15	16	20	23	23	21	14	8
Кіровоградська	•	•	•	4	16	21	26	29	31	35	38	37	34	28	21
Лісостеп															
Черкаська	•	•	•	6	15	20	24	26	28	34	36	35	35	28	18

1.4 Карст

На території Нижнього Подніпров'я відсутні значні (за площею) ділянки з типовим ландшафтом поверхневого закарстування. Це пов'язане з розвитком пісчано-глинистих покривних відкладень, з незначними площами виходу на поверхню карбонатних порід, посиленням посушливості клімату, слабким розвитком місцевого стоку та не значним ерозійним розчленуванням території Нижнього Подніпров'я.

Не дивлячись на це, локальний розвиток поверхнево карстових форм, які вказують на існування систем тріщинуватих полостей має місце в деяких районах.

Карстові поверхневі та глибині утворення на даній території вивченні дуже нерівномірно.

Нижнє Подніпров'я знаходиться у Криворіжсько-Кременчугському та Нижнє придніпровському районах розвитку карсту .

1.5 Гідрографічна мережа

Основними рисами гідрографічної мережі на території Нижнього Подніпров'я зумовлені комплексом фізико-географічних факторів, серед яких рельєф, кліматичні умови, геологічна будова та гідрогеологічні особливості території. На рис. 1.4 представлена гідрографічна схема річок Нижнього Подніпров'я.

Найбільш вагомими (за водністю, водозбірною площею та довжині) річками досліджуваної території є Оріль, Самара, Вовча, Інгулець.

Середня щільність річкової мережі Нижнього Подніпров'я дорівнює 0,26 км/км^2. Найбільш щільна річкова мережа (0,3—0,5 км/км^2) властива для деяких приток Орелі. На переважній частині території переважна щільність річкової мережі 0,2—0,3 км/км^2. Слабко розвинена річкова мережа (>0,2 км/км^2) у верхівках річок Самара, Вовча, Кінська.

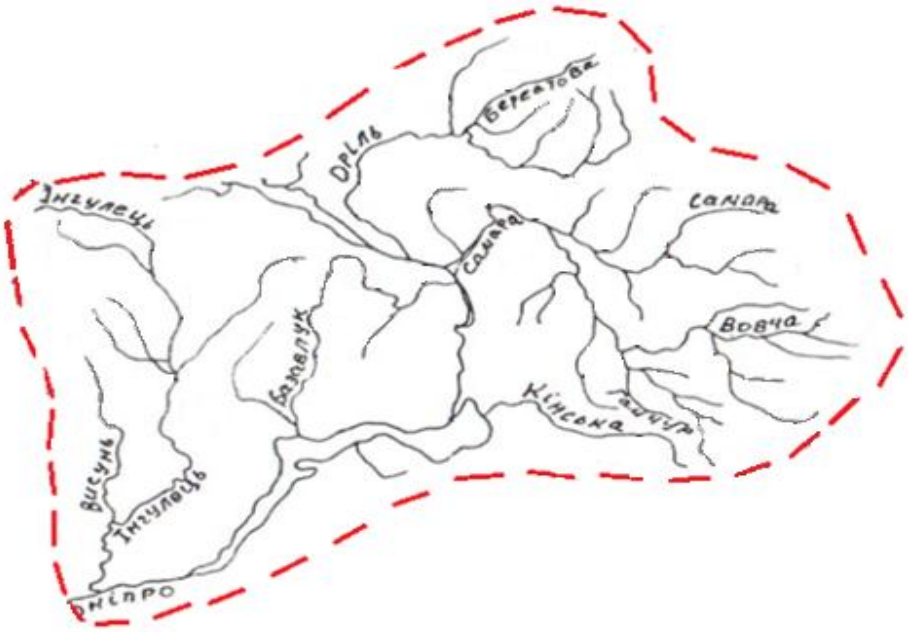

Рисунок 1.4. – Гідрографічна схема річок Нижнього Подніпров’я

Переважна частина річок Нижнього Подніпров’я є типовими рівнинними водотоками. Долини у верхів’ях вузькі, V образні, далі широкі трапецевидні. Уклони терасовані, праві — помірно круті та круті, ліві — пологі (20-30 м до 70 м на р. Кінська та Інгулець). Пойми лугові, рідше чагарникові, зазвичай сухі, більшою частиною рівні(0,1 - 0,4 км). Русла річок нерозгалужені, помірно звивисті, рідше сильно звивисті або прямі, з сильними заростами, особливо біля берегів(10 - 20 м рідко до 370 м — р. Кінська). Дно пісчяно ілисте. Береги низькі, круті та обривисті задерновані або зарослі чагарником (0,3-5 м місцями до 7 м). У межень річки сильно міліють, деякі пересихають перетворюючись на окремі плеси. На півдні пересихають такі великі річки, як Оріль, Самара, Вовча, Кінська, Інгулець. Течія більшості річок спокійна. Уклони водної поверхні різноманітні 0,3 0,8 ‰. Швидкості течії від 0,1 до 1,1 м/с. Коефіцієнт озерності <1 %, заболоченості — <1 %, середня лісистість 3%.

Річки лівобережжя (Оріль, Берестова та ін.) характерні великими довжинами та площами. Долини доволі широкі. Переважна глибина 0,4 - 2,0 м найбільша — перевищує 12,0 м (Ворскла). Річки правобережжя (Інгулець,

Висунь) шириною 1 - 3 км, глибини 0,5 - 1,5 м (Інгулець 8 м). Влітку річки пересихають.

Річки Нижнього Подніпров'я використовують для судноплавства (Самара, Інгулець), для забору води на технічні, промислові та господарські нужди [1].

1.6 Гідрологічна вивченість

Тривалі стокові спостереження на річках Нижнього Подніпров'я змінювалися від 18 р. (р.Вовча– смт Покровське, 7150 $км^2$) до 78 р. (р.Вовча – смт Васильківка, 11600 $км^2$). В досліджуваній області розміщено 25 гідрологічних постів, які рівномірно розташовані по території, що представлено на рис. 1.5.

Спостереження на території Нижнього Подніпров'я ведуться з 1926 року .

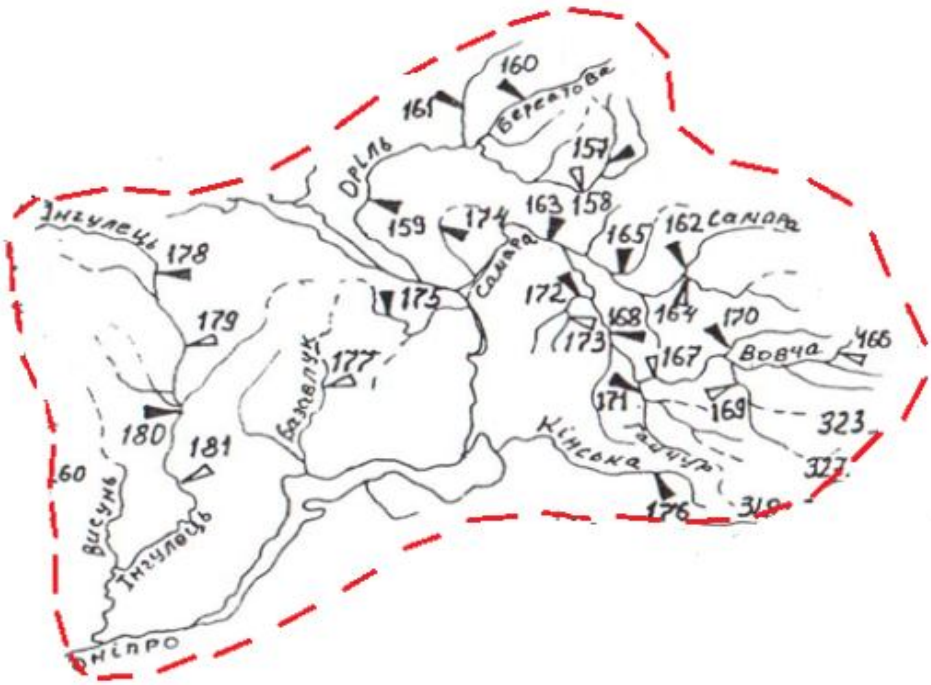

Рисунок 1.5 - Карта постів басейну р. Нижнього Подніпров'я

Таблиця 1.9 Гідрографічні характеристики досліджуваної території (за списком гідрологічних постів)

№ з/п	№ за рис.1.5	Річка - пункт спостереження	Відстань від витоку, км	Середній ухил річки, ‰	Площа водозбору, км²	Середня висота водозбору, м	Озерність (озера, в-ща, ставки), %	Заболоченість, %	Лісистість, %
1	157.	Оріль-с.Степанівка	—	—	627	—	—	—	—
2	158.	Оріль-с.Чорноглазівка	83	1,0	1600	150	<1	<1	1
3	159.	Оріль-смт Царичанка	306	0,4	9100	130	<1	2	<1
4	160.	Берестова-м.Красноград	60	1,7	1050	160	<1	1	4
5	161.	Орчик-с.Чернещина	90	1,3	1310	150	<1	1	2
6	162.	Самара-с.Коханівка	92	1,2	1430	150	<1	<1	<1
7	163.	Самара-с.Кочережки	211	0,6	19800	130	<1	<1	<1
8	164.	Бик-с.Самарське (Іванівка)	93	1,2	1130	150	<1	<1	1
9	165.	Велика Тернівка-с.Богданівка	73	1,4	924	130	<1	0	<1
10	166.	Вовча-х.Артемівський	7	5,0	120	200	<1	0	4
11	167.	Вовча-смт Покровське	178	0,8	7150	160	<1	<1	1
12	168.	Вовча-смт Васильківка	242	0,6	11600	150	<1	<1	<1
13	169.	Мокрі Яли-х. Грушівський	143	1,0	2660	160	<1	<1	1
14	170.	Солона-с.Новопавлівка	60	1,6	680	170	<1	0	1
15	171.	Гайчур-с.Андріївка	123	1,1	2100	150	<1	<1	<1
16	172	Мала Терса-с.Троїцьке	21	1,8	750	130	<1	0	2

17	173.	Середня Терса-ж.Роздолля	32	3,0	269	150	<1	0	2
18	174.	Кільчень-с.Олександрівка Перша	56	1,8	376	120	<1	0	<1
19	175.	Мокра Сура-смт Кринички	36	1,9	389	140	<1	<1	<1
20	176.	Кінська-м.Пологи	37	4,9	353	190	<1	0	1
21	177.	Базавлук-с.Катерино-Наталівка	70	1,7	1050	120	<1	0	1
22	178.	Інгулець-с.Олександро-Степанівка	92	1,3	1400	160	<1	<1	7
23	179.	Інгулець-с.Іскрівка	166	0,8	4410	370	<1	<1	3
24	180.	Інгулець-м.Кривий Ріг	228	0,8	8600	140	<1	<1	2
25	181.	Інгулець-с.Могилівка	283	0,6	9280	140	<1	<1	2

Таблиця 1.10 Розподіл постів за тривалістю спостережень та площею водозборів

Площа водозбору км	Кількість гідрологічних постів з періодом спостережень								
	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	Всього	%
≤100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
101-1000	—	3	—	—	6	—	—	9	36
1001-5000	1	2	—	—	4	2	1	10	42
5001-10000	1	—	—	—	1	1	1	4	16
10001-20000	—	—	—	—	1	—	1	2	8
Всього	2	5	—	—	12	3	3	25	100
%	8	20	—	—	48	12	12	100	

1.7 Загальна характеристика водного режиму річки та її живлення

Характер водного режиму визначається за особливостями водопілля, що в свою чергу залежить від типу живлення .

Річки досліджуваної території мають змішаний тип живлення. Відношення снігового та дощового живлення змінюється в різні по водності роки

Стік весняного водопілля в багатоводні роки становить 70 – 80 % річного стоку, в середні за водністю роки – 60 – 70%, а в маловодні – 50 – 60%.

Річки лівобережжя Дніпра в межах українського степу – Оріль і Самара характеризуються наявністю зимових паводків на річках різної інтенсивності в результаті танення снігу та випадіння рідких опадів у періоди відлиг і, як наслідок, формуванням невисоких за об’ємом та висотою водопіль.

Строки початку водопіль коливаються від кінця лютого до початку березня, а закінчення водопілля припадає на середину-кінець квітня.

Річки басейну Нижнього Подніпров'я характеризуються несталим зимовим режимом. Весною часто формуються невисокі водопілля з максимальними витратами води, часто нижчими за зимові паводки у січні-лютому. Весняне водопілля зазвичай починається в кінці лютого – на початку березня і продовжується 30-50 діб, але в окремі роки може досягати 70 днів. Під час відлиг спостерігаються значні сніго-дощові паводки.

Гідрографи стоку річок території для деяких років представлені на рис. 1.6-1.9, а характеристики весняного водопілля – в табл. 1.11.

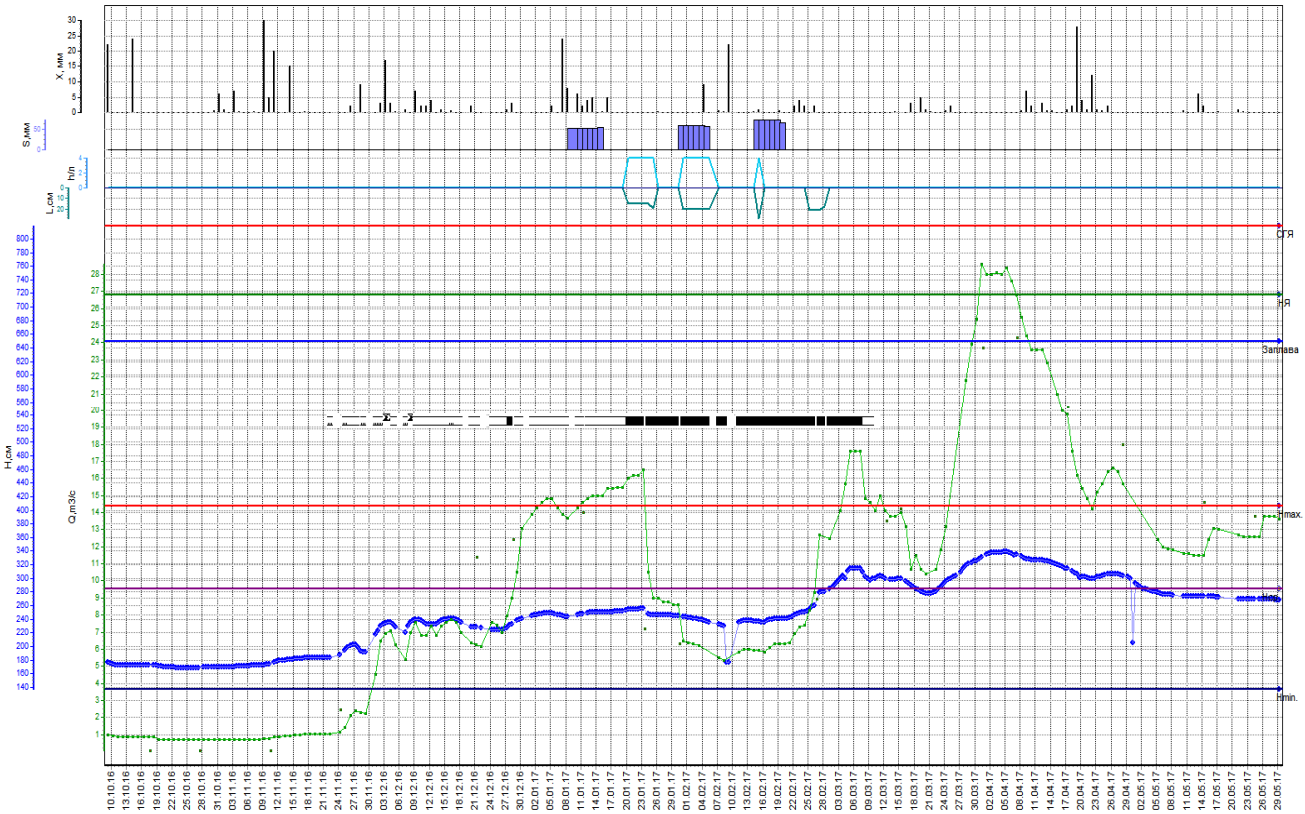

Рисунок 1.6 - Комплексний графік гідрологічних характеристик р.Оріль – с. Царичанка 2016-2017 р.

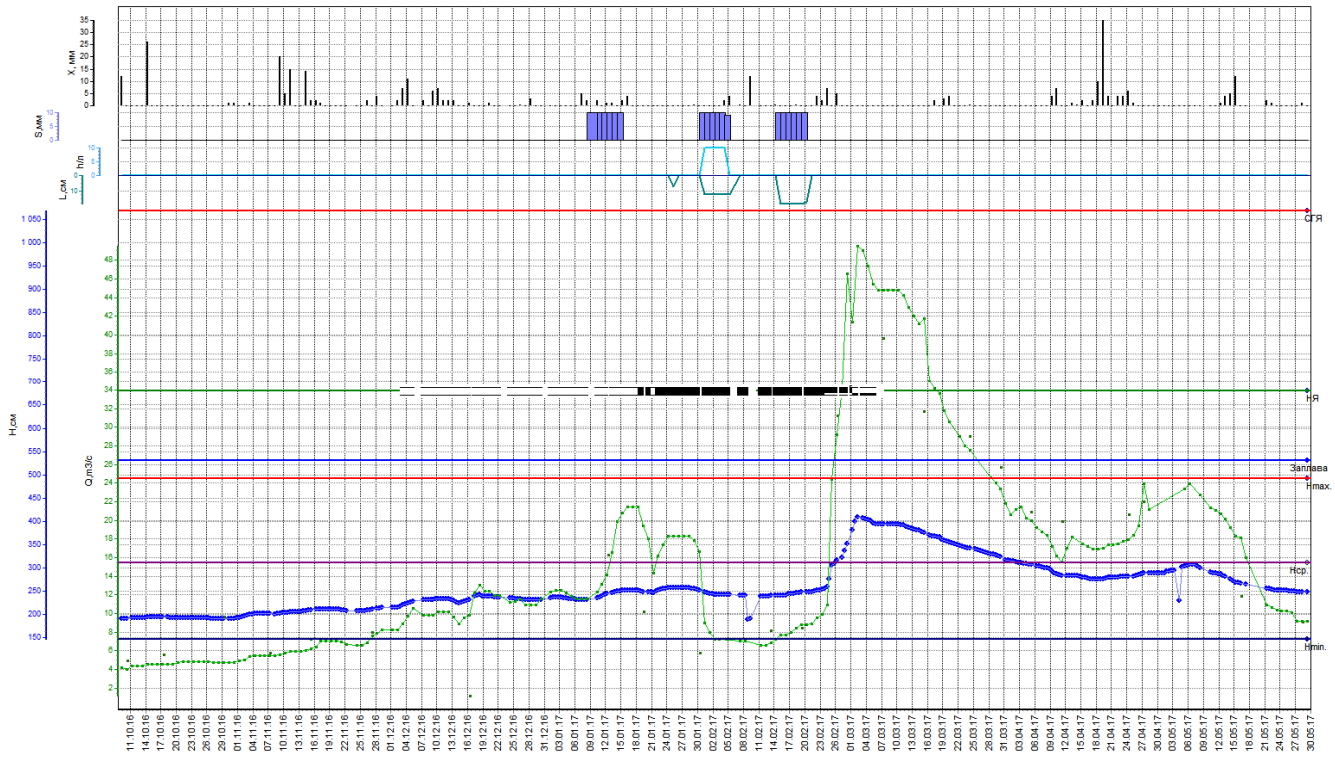

Рисунок 1.7 - Комплексний графік гідрологічних характеристик р.Самара – с. Кочережки 2016-2017 р.

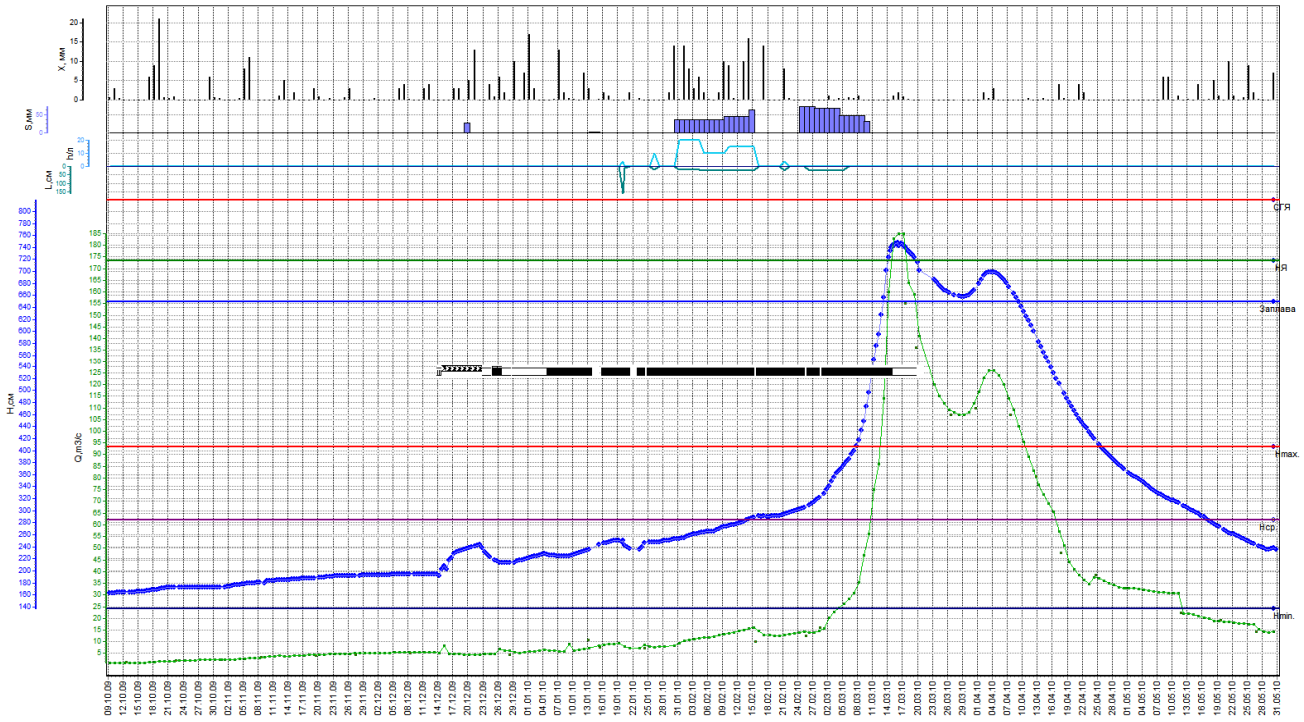

Рисунок 1.8 - Комплексний графік гідрологічних характеристик р.Оріль – с. Царичанка 2009-2010 р.

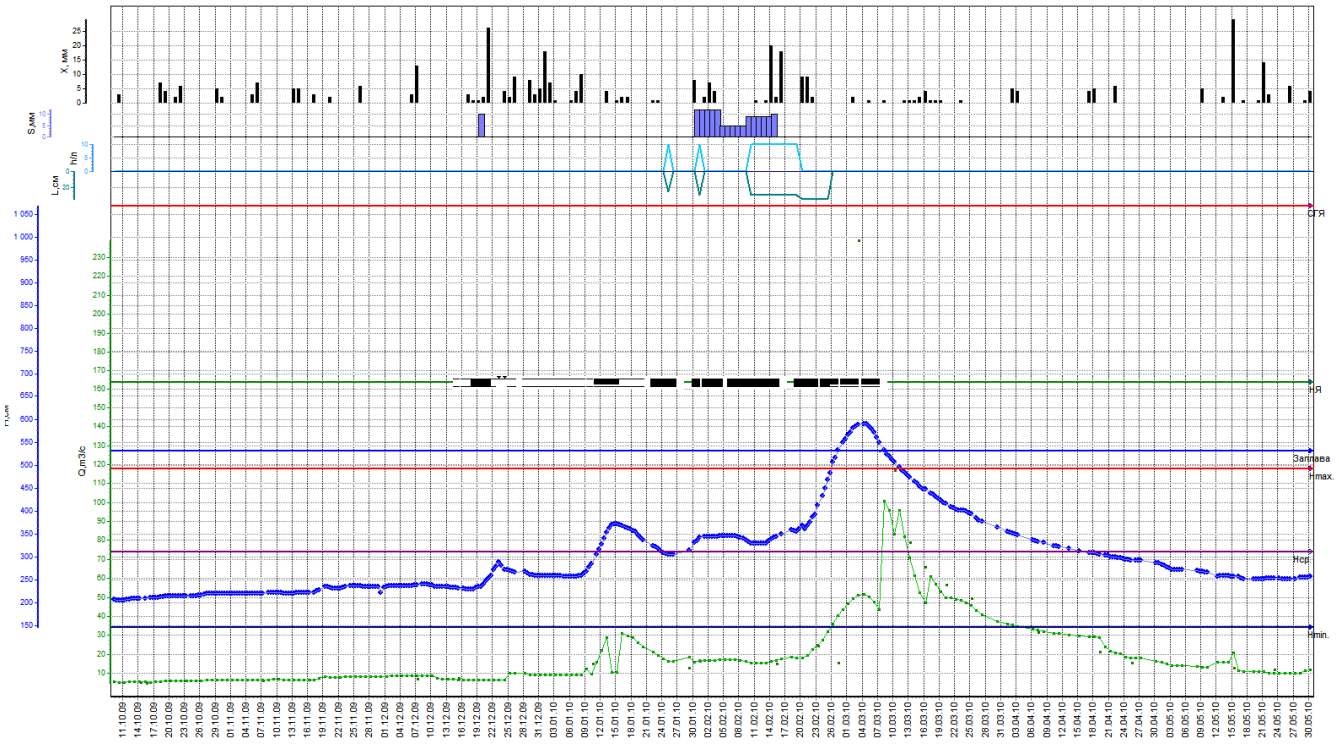

Рисунок 1.9 - Комплексний графік гідрологічних характеристик р.Самара – с. Кочережки 2009-2010 р.

Таблиця 1.11 – Характеристики весняного водопілля (станом на 2010 рік)

№ з/п	Річка - пост	F, км²	Дата			Тривалість повені, доба	Найбільша строкова витрата, м³/с	Сумарний шар стоку за повінь, мм	Об'єм стоку за повінь, млн.м³	Стік за повінь, % від стоку за рік
			початку повені	найбільшої строкової витрати	закінчення повені					
142	Оріль - с.Степанівка	627	25.02	04.03	05.04	45	20,4	29	18,3	50
143	Оріль - с.Чорноглазівка	1600	01.03	15.03	24.04	55	71,5	31	50,6	76
144	Оріль- смт Царичанка	9100	01.03	22.03	02.05	62	134	24	222	58
145	Берестова - м.Красноград	1050	01.03	11.03	15.04	44	35,8	29	30,8	46
146	Орчик - с.Чернещина	1310	27.02	11.03	17.04	48	34,6	27	35,3	49
147	Самара - с.Коханівка	1430	26.02	08.03	16.04	49	20,3	13	17,9	43
148	Самара - с.Кочережки	19800	25.02	14.03	26.04	61	116	12	233	50
149	Бик - с.Самарське (Іванівка)	1130	26.02	09.03	21.04	55	30,6	16		55
150	Велика Тернівка- с.Богданівка	924	26.02	09.03	13.04	46	22,8	18	16,4	57
151	Вовча - х.Артемівський	120	1.03	10.03	9.04	41	11,8	43	5,21	55
152	Вовча - смт Покровське	7150	28.02	15.03	21.04	53	61	9,5	67,9	52
153	Вовча - смт Васильківка	11600	24.02	10.03	15.04	50	121	12	135	44
154	Мокрі Яли- х. Грушівський	2660	26.02	09.03	10.04	42	27,2	6,0	15,9	45
155	Солона - с.Новопавлівка	680	24.02	05.03	10.04	40	14,1	18	12	33
156	Гайчур - с.Андріївка	2100	24.02	09.03	12.04	47	31,7	11	22,8	56
157	Мала Терса - с.Троїцьке	750	25.02	08.03	09.04	42	10,3	13	9,35	45
158	Середня Терса- ж.Роздолля	269	25.02	11.03	08.04	44	14,8	19		70

№ з/п	Річка - пост	F, км²	Дата			Тривалість повені, доба	Найбільша строкова витрата, м³/с	Сумарний шар стоку за повінь, мм	Об'єм стоку за повінь, млн.м³	Стік за повінь, % від стоку за рік
			початку повені	найбільшої строкової витрати	закінчення повені					
159	Кільчень-с.Олександрівка Перша	376	24.02	05.03	05.04	39	7,34	16	6,19	38
160	Мокра Сура-смт Кринички	389	22.02	03.03	31.03	36	11,7	10	4,01	41
161	Кінська - м.Пологи	353	23.02	05.03	04.04	39	5,22	12	4,23	24
162	Базавлук-с.Катерино-Наталівка	1050	27.02	11.03	07.04	42	25,2	11	11,7	58
163	Інгулець-с.Олександро-Степанівка	1400	02.03	14.03	13.04	46	69,2	32	44,8	58
164	Інгулець - с.Іскрівка	4410	27.02	10.03	10.04	43	180	18	80,4	55
165	Інгулець - м.Кривий Ріг	8600	27.02	16.03	15.04	49	183	18	156	65
166	Інгулець - с.Могилівка	9280	27.02	12.03	17.04	50	184	21	195	63

38

2.ТЕРИТОРІАЛЬНІ МЕТОДИ ДОВГОСТРОКОВИХ ПРОГНОЗІВ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІВНИНИХ РІЧОК

Побудова територіально загальних (просторових) методів прогнозування відбувається за матеріалами емпіричних спостережень на низки річкових басейнів, які розташовані в однорідних фізико-географічних (клімат, тип рельєфу, характер ґрунтів та рослинності) умовах стокоформування. При цьому до об'єднаної сукупності включаються дані по невеликих річках території з незначними відмінностями в умовах формування втрат тало-дощових весняних вод.

У даному розділі використовуються матеріали з наступних джерел [7-13], за списком використаної літератури.

Основою для розробки територіальних методів прогнозування є наявність географічних закономірностей розподілу по території і можливості просторової інтерполяції шарів весняного стоку і таких його факторів, як запасів води в сніговому покриві, промерзання та вологості ґрунтів, температурних характеристик.

У 1939 році був складений перший фоновий прогноз шару стоку весняного водопілля для річок Європейської частини на підставі даних про запаси води в сніговому покриві й очікуваних весняних опадах. У 50-тих роках минулого сторіччя вперше був створений територіальний метод прогнозування шарів весняного стоку на основі побудови узагальнених залежностей шарів стоку від його факторів для низки річок, які розташовані в однорідних умовах формування стоку. В подальшому такий метод не в останнє використовувався для прогнозування на річкових басейнах в різних фізико-географічних районах. Просторове прогнозування шарів стоку весняного водопілля річок України з картографічним представленням очікуваних величин ведеться в моделі М.М.Сосєдка „Шар-3", яка зараз використовується в оперативній практиці Українського Гідрометцентру

2.1 Теоретичні основи методу шарів стоку весняного водопілля на основі встановлення типу водності весни

В якості методичної бази для довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля на річках рівнинної території України прийняті залежності модульних коефіцієнтів шарів стоку від сумарних запасів води в сніговому покриві та весняних опадів, виражених відносно їх середнього багаторічного значення для річок, по яких є багаторічні ряди гідрометеорологічних спостережень у вигляді :

$$Y_m / Y_0 = f[(S_m + X_1 + X_2)/(S_0 + X_{1_0} + X_{2_0})] \qquad (2.1)$$

де Y_m и Y_0 - шар весняного стоку і його норма, мм;

S_m и S_0 - максимальний запас води в сніговому покриві і його норма, мм;

X_1 и X_{1_0} - опади періоду танення снігу і їх норма, мм;

X_2 и X_{2_0} - опади періоду спаду весняного водопілля і їх норма, мм;

В основу побудови залежностей для прогнозу шарів весняного стоку покладено типізацію водопіль за їх водністю (багато -, середнє - чи маловодне) за допомогою багатомірної статистичної моделі – дискримінантної функції, яка враховує комплекс факторів, що впливають на формування весняного водопілля.

Дискримінантний аналіз належить до класу багатомірних моделей, в основу яких покладена методика множинної лінійної регресії. Ця прогностична модель застосовується в тих випадках, коли передвіщається одна з можливих ситуацій настання деякого явища за умови, що кожний випадок (об'єкт) характеризується вектором змінних ознак (вектором - предиктором).

Лінійна дискримінантна функція (DF) виступає як вимірювач приналежності випадку (об'єкту) до тієї або іншої апріорної групи явищ. Функція DF записується у вигляді

$$DF = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + ... + a_mx_m, \quad (2.2)$$

де $A = (a_0, a_1, a_2, ... , a_m)$ - вектор коефіцієнтів дискримінантної функції**;**

$X = (x_1, x_2, ... ,x_m)$ - вектор ознак (вектор-предиктор);

m - кількість вимірюваних ознак (j = 1, 2, ... , m).

Успіх дискримінації залежить від того, наскільки вдало заданий вектор-предиктор. Вирішення цієї задачі потребує поглибленого аналізу досліджуваного процесу з метою здійснити вибір найбільш інформативних чинників (предикторів), які могли б обгрунтувати особливості розвитку природного процесу стоку в різноманітних ситуаціях. Оцінити вірність вибору вектора-предиктора можливо тільки, здійснивши конкретну дискримінацію.

Для застосування моделі дискримінантного аналізу попередньо необхідно розбити вихідну вибірку на класи (групи) за тією або іншою ознакою. Стосовно до поставленої задачі, приналежність предиктанта (модульних коефіцієнтів шарів весняного стоку) до даного класу здійснювалася за положенням точок на графіках зв'язку $k_Y = f(k_X)$.

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 грунтів і глибини їх промерзання та інші, виражені в модульних коефіцієнтах.

В такому випадку рівняння для розрахунку дискримінантної функції (2.2) буде мати, такий вигляд:

$$DF = a_0 + a_1 \frac{X}{X_0} + a_2 \frac{q_{09-01}}{(q_{09-01})_0} + a_3 \frac{L}{L_0} \quad , \quad (2.3)$$

де q_{09-01} і $(q_{09-01})_0$ – індекс зволоження ґрунтів - середній модуль стоку осінньо-зимового періоду і його норма, л/(с·км^2);

L і L_0 – глибина промерзання ґрунтів та її норма, см.

За знаком дискримінантних рівнянь (більше або менше нуля) водопілля на річках можна диференціювати по типах водності. Так, коли дискримінантна функція DF1>0, то слід очікувати формування шару стоку вище за норму (ситуація 1). Якщо ж $DF1 \leq 0$, а $DF2 \geq 0$, то водопілля буде розвиватися за ситуацією 2, тобто об'єм весняних вод очікується близьким до норми. У випадку, коли DF1<0 і DF2<0, водопілля буде нижчим за норму (ситуація 3).

Побудовані прогностичні зв'язки можна описати рівняннями поліному 3-ї степені у вигляді

$$k_Y = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X{}^2 + b_3 k_X{}^3, \qquad (2.4)$$

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

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

На дати випуску прогнозу шарів стоку води весняного водопілля, встановлених Гідрометцентром України, невідомі фактори - максимальні запаси води у сніговому покриві і опади під час весняного водопілля розраховуються за такою схемою:

$$\left(S_m + X_1^* + X_2^*\right)_{ДСП} = \left[S_{ДСП}(1 - fл) + k_л S_{ДСП} fл\right] + \Delta\overline{S} + X_1^* + X_2^*, \qquad (2.5)$$

де $S_{ДСП}$ - максимальні запаси води в сніговому покриві (за вимірами у полі), які накопичилися на дату складання прогнозу, мм;

- $fл$ залісеність водозборів, у частках від загальної площі водозбору;

- $k_л$ коефіцієнт снігонакопичення у лісі, прийнятий на рівні 1.13;

- $\Delta\overline{S}$ нормальна добавка до максимальних запасів води в сніговому покриві, мм.;

- X_1^* рідкі опади періоду сніготанення, тобто періоду завчасності прогнозу шарів стоку весняного водопілля, мм.;

- X_2^* рідкі опади періоду спаду весняного водопілля (періоду завчасності прогнозу шарів стоку весняного водопілля), мм;

Оскільки довгострокові прогнози кількості як твердих, так і рідких опадів не складаються, то їх необхідно враховувати, орієнтуючись на прогноз погоди. Це стосується і величин нормальної добавки до максимальних запасів води в сніговому покриві $\Delta\overline{S}$ та кількості опадів X_1^*. Нормальні добавки до максимальних запасів води в сніговому покриві встановлюються за рівнянням

$$\Delta\overline{S} = b + a(\varphi° - 50), \tag{2.6}$$

де $\varphi°$ - широта метеостанцій, в частках ° півн.ш.

Коефіцієнти a і b у формулі визначаються для календарних дат випуску прогнозів шляхом побудови узагальнених залежностей.

Умови введення добавки $\Delta\overline{S}$ і значення коефіцієнтів в рівнянні (2.6), узагальнених для всієї рівнинної території України наведені у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Нормальні добавки до максимальних запасів води в сніговому покриві $\Delta\overline{S}$, мм

Умови введення добавки ($\Delta\overline{S}$) в залежності від очікуваної температури повітря в березні	Значення коефіцієнтів рівняння (2.8)	
	a	b
Вище норми	2.14-0.074 Д	7.47-0.25 Д
Біля норми	3.38-0.109 Д	20.4-0.61 Д
Нижче норми	3.27-0.086 Д	26.8-0.55 Д

У зв'язку з відсутністю інформації про величини опадів (X_1^* та X_2^*) на період завчасності прогнозу, їх величини можуть бути оцінені:

1) за нормою X_{1_0} або X_{2_0};

2) з урахуванням метеорологічного прогнозу, як опади очікуються: вище норми, на рівні норми або нижче норми, шляхом введення відповідного коефіцієнту до норм опадів

$$X_1^* = k_1 X_{1_0}, \tag{2.7}$$

$$X_2^* = k_2 X_{2_0}. \tag{2.8}$$

Умови введення коефіцієнтів k_1, k_2 до норм опадів X_{1_0} і X_{2_0}, їх значення відповідно метеорологічного прогнозу представлені у табл. 2.1 та табл.2.2 для рівнинної території України.

Таблиця 2.2 - Коефіцієнти до норм опадів X_{1_0} з урахуванням метеорологічного прогнозу опадів

Умови введення коефіцієнтів до норм опадів X_{1_0}	Коефіцієнти до норм опадів у формулі (2.9)
Опади вище норми: ($X_1 > X_{1_0}$)	$k_1 = 1.83-0.055\ (\varphi° - 50)$
Опади біля норми: ($X_1 = X_{1_0}$)	$k_1 = 0.84+0.009\ (\varphi° - 50)$
Опади нижче норми: ($X_1 < X_{1_0}$)	$k_1 = 0.29+0.029\ (\varphi° - 50)$

Таблиця 2.3 - Коефіцієнти до норм опадів X_{2_0} з урахуванням метеорологічного прогнозу опадів

Умови введення коефіцієнтів до норм опадів X_{2_0}	Коефіцієнти до норм опадів у формулі (2.10)
Опади вище норми: ($X_2 > X_{2_0}$)	$k_2 = 1.75-0.027\ (\varphi° - 50)$
Опади біля норми: ($X_2 = X_{2_0}$)	$k_2 = 0.86+0.022\ (\varphi° - 50)$
Опади нижче норми: ($X_2 < X_{2_0}$)	$k_2 = 0.36+0.031\ (\varphi° - 50)$

де $\varphi°$ - широта геометричних центрів тяжіння водозборів, в частках град. півн.ш.

При наявності регіональних залежностей вигляду $k_Y = f(k_X)$, а також даних снігомірних зйомок, середньобагаторічних (або з урахуванням метеорологічного прогнозу) значень дощових опадів під час весняного водопілля X_{1_0} і X_{2_0}, знаходиться Y_m/Y_o, числовими значеннями яких є модульні коефіцієнти

$$k_Y = \frac{Y_m}{Y_o}. \tag{2.9}$$

Перехід від модульних коефіцієнтів до очікуваних значень шарів стоку весняної повені Y_m такий:

$$Y_m = k_Y \cdot Y_o, \tag{2.10}$$

де Y_0 - норма шару весняного стоку, яка розраховується для кожної конкретної річки за часовим рядом спостережень Y_i по ній за n років

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i}{n}. \tag{2.11}$$

При відсутності часових рядів на річці норма шарів весняного стоку визначається за картою розподілу Y_0 по досліджуваній території.

Середній багаторічний шар стоку за період весняного водопілля (Y_0) є однією з основних характеристик в методі просторових довгострокових прогнозів максимального стоку води весняного водопілля при встановленні норм шарів стоку та максимальних модулів весняного водопілля для невивчених у гідрологічному відношенні річок.

2.2 Територіальний метод для довгострокового прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля на основі діагнозу очікуваної весни

Для довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля на рівнинних річках прийняті, як і для шару стоку, залежності модульних коефіцієнтів максимальних витрат води від сумарних запасів води в сніговому покриві та весняних опадів періоду сніготанення, нормованих по їх середньогобагаторічних значеннях у вигляді залежності

$$k_q = f(k_X), \tag{2.12}$$

k_q - максимальний модульний коефіцієнт весняного водопілля;

k_X - модульний коефіцієнт запасів вологи на басейні, які приймають участь у формуванні максимальної витрати води весняного водопілля

$$k_X = (S_m + X_1)/(S_0 + X_{1_0}). \tag{2.13}$$

При побудові залежностей для прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля у вигляді $q_m/q_0 = f[(S_m + X_1)/(S_0 + X_{1_0})]$ діагноз або розподіл весен за характером їх водності також може бути здійснений при використанні моделі дискримінантного аналізу (розд.2.1), яка дозволяє віднести водопілля до високого, середнього чи низького за водністю за знаком дискримінантних рівнянь вигляду:

$$DF = a_0 + a_1(S_m + X_1)/(S_0 + X_{1\,o}) + a_2[Qпв/Qпв_0] + a_3 L/L_0 + a_4\,\Theta^0_{02} \tag{2.14}$$

де $(S_m + X_1)$ та $(S_0 + X_{1_0})$ – сумарні запаси вологи, які формують максимальну витрату води весняного водопілля та їх норма, мм;

індекси зволоження ґрунтів:

$Qпв$ і $Qпв_0$ – середня місячна (декадна) витрата води перед початком весняного водопілля та її норма (м^3/с) або $q_{09\text{-}01}$ і $(q_{09\text{-}01})_0$ – середній модуль стоку осінньо-зимового періоду і його норма, м^3/(с·км^2);

L і L_0 – глибина промерзання ґрунтів та її норма, см;

$\Theta^o{}_{02}$ - середня місячна температура повітря у лютому, ^{0} С;

Встановлено, що для річкових систем, які знаходяться в близьких умовах формування весняних водопіль дискримінантні рівняння сталі і можуть використовуватися для усіх річок однорідного за умовами формування весняного стоку району.

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, припустимо, 3-го степеня

$$\frac{q_m}{q_0} = b_0 + b_1 \frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{1_0}} + b_2 \left(\frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{1_0}}\right)^2 + b_3 \left(\frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{1_0}}\right)^3 \qquad (2.15)$$

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

Перехід від k_q до очікуваних значень максимальних модулів весняного водопілля q_m, м^3/(с·км^2), за формулою:

$$q_m = k_q \cdot q_o \qquad (2.16)$$

або до прогнозних максимальних витрат води (м^3/с) –

$$Q_m = k_q \cdot q_o \cdot F\,, \qquad (2.17)$$

де F – площа водозбору, км^2;

q_o - норма максимального модуля весняного водопілля, м^3/(с·км^2).

Тут територіальний прогноз пов'язаний з можливістю розрахунку середнього багаторічного максимального модуля весняного стоку q_0, який при наявності гідрологічних спостережень отримується як

$$q_o = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_{m_i}}{n}, \qquad (2.18)$$

де q_{m_i} - максимальні модулі водопілля і-х років за період спостережень, м^3/(с·км^2).

Для річок з короткими рядами спостережень або для тих, на яких спостереження взагалі не ведуться, даний метод територіального прогнозу максимуму водопілля дозволяє розраховувати величину q_0 в рамках моделі типового одномодального гідрографу у вигляді [9] :

$$q_o = q'_o \psi(t_p / T_o) \varepsilon_F \cdot r, \qquad (2.19)$$

де q_o – середній багаторічний модуль максимального стоку, м^3/(с·км^2);

q'_o – середній багаторічний модуль максимальної витрати води схилового припливу, м^3/(с·км^2);

$\psi(t_p / T_o)$ - трансформаційна функція розпластування повеневих хвиль під впливом руслового добігання;

ε_F - коефіцієнт русло-заплавного регулювання;

r – коефіцієнт трансформації водопіль під впливом озер і водосховищ руслового типу.

В рамках типових гідрографів

$$q'_o = 0.28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_o} Y_o, \qquad (2.20)$$

де (п+1)\п - коефіцієнт нерівномірності схилового припливу у часі;

T_o – тривалість схилового припливу, год;

Y_o – середній багаторічний шар стоку, мм.

Для розрахунку трансформаційної функції Є.Д. Гопченком обгрунтовані рівняння:

1) при $0<t_p<T_o$

$$\psi(t_p/T_o)=1-\frac{m+1}{(n+1)(m+n+1)}\left(\frac{t_p}{T_o}\right)^n; \qquad (2.21)$$

2) при $t_p \geq T_o$

$$\psi(t_p/T_o)=\frac{n}{n+1}\frac{T_o}{t_p}\left[\frac{m+1}{m}-\frac{n+1}{m(m+n+1)}\left(\frac{T_o}{t_p}\right)^m\right]; \qquad (2.22)$$

3) при $t_p/T_o=0$

$$\psi(t_p/T_o)=1.0, \qquad (2.23)$$

де t_p – тривалість руслового добігання, год;

т – показник степені у рівнянні кривої ізохрон, m=1.0;

n =0.2.

Розрахунок тривалості руслового добігання t_p здійснюється за формулою:

$$t_p = L/V_\partial, \qquad (2.24)$$

де L – гідрографічна довжина водотоку (відстань від найдальшої точки водозбору), км;

$V_д$ – швидкість добігання, км/год.

Для визначення швидкості добігання використовується формула

$$V_{\partial} = a_2 \cdot F^{\alpha_2} \cdot I^{0.33}, \qquad (2.25)$$

де a_2 – швидкісний параметр, приймається за табл.2.4;

α_2 - параметр, який також визначається за табл.2.4;

I – середньозважений ухил річки, $^{o}/_{oo}$.

Таблиця 2.4 – Значення параметрів a_2 і α_2

Географічна зона	a_2	α_2
Полісся	1.27	0.12
Лісостепова	1.51	0.17
Степова	1.19	0.14

Якщо дані про середньозважені ухили річок відсутні, то їх можна визначити в залежності від площ водозборів

$$I = f(F). \qquad (2.26)$$

За відсутності даних про гідрографічну довжину водотоку також пропонується її визначення по залежностях вигляду

$$L = f(F). \qquad (2.27)$$

Для урахування впливу на максимальний стік весняного водопілля озер і водосховищ в (2.27), рекомендується використовувати формулу СНіП 2.01.14-83

$$r = 1/(1 + Cf'_{оз}), \qquad (2.28)$$

де $f'_{оз}$ – середньозважена озерність;

С – емпіричний коефіцієнт, який визначається величиною Y_0 за табл.2.5

Таблиця 2.5 – Значення коефіцієнта С

Y_0, мм	>100	99-50	49-20	<20
С	0.2	0.25	0.35	0.40

Коефіцієнт русло-заплавного регулювання ε_F можна визначити так:

$$\varepsilon_F = (q_o / q'_o) / [\psi(t_p / T_o)] \cdot r, \qquad (2.29)$$

а потім узагальнити в залежності від розмірів водозборів, (для рівнинних річок України) у вигляді

$$\varepsilon_F = e^{-0.18 \cdot \lg(F+1)}. \qquad (2.30)$$

Обґрунтування параметрів базової розрахункової величини q'_o може бути виконане через визначення коефіцієнтів нерівномірності схилового припливу (n+1)/n, тривалості схилового припливу T_o і шару стоку Y_0, які відповідають середнім багаторічним значенням.

Значення (n+1)/n для басейнів рівнинних річок України можна прийняти на рівні 8.0. Норма шару весняного стоку Y_0 може бути визначена за картою її розподілу по території з введенням до знятих з карти значень норм шарів стоку поправочних коефіцієнтів на залісеність $k_л$ та заболоченість $k_б$ басейнів.

Аналогічним способом виконується в методиці обчислення тривалості схилового припливу тало-дощових вод на водозборах. З цією метою території рівнинної України може бути використана карта тривалості схилового припливу, яка побудована після виключення впливу на T_0 місцевих факторів - залісеності і

заболоченості. Спостерігається збільшення значень T_0 при зростанні частки лісу і боліт на водозборі.

2.3 Методика визначення забезпеченості прогнозних величин шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля

В гідрологічній практиці прогнози стоку представляються у вигляді очікуваних величин з наведенням ймовірнісної похибки яка з ймовірністю 50 % визначає довірні межі інтервалу, в якому знаходиться дійсне значення прогнозної величини. Можливе й надання прогнозних величин стоку води різної ймовірності з відповідними довірними межами.

Запропонований в метод територіального довгострокового прогнозу шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля передбачає використовувати його для річок не досить добре вивчених у гідрологічному відношенні, тобто для річок, на яких спостереження за стоком не відбуваються. Тому постає актуальним питання встановлення забезпеченості або ймовірності перевищення прогнозних величин у багаторічному розрізі.

При наявності багаторічних рядів стокових спостережень задача визначення ймовірності настання шарів стоку або максимальних витрат води водопілля (Р %) вирішується шляхом побудови емпіричних кривих забезпеченості модульних коефіцієнтів $k_Y = f(P\%)$. У прогнозному варіанті k_Y знаходяться по відповідних залежностях.

Для невивчених річок, встановлення забезпеченості прогнозних величин Y_m та Q_m може здійснюватися шляхом статистичної обробки стокових рядів спостережень.

При цьому величини коефіцієнтів варіації шарів стоку для частини території, яка забезпечена даними гідрометеорологічних вимірювань, можуть бути картовані або представлені залежністю коефіцієнтів варіації $(Cv)_Y$ від середніх багаторічних значень шарів стоку Y_0 у вигляді:

$$(Cv)_Y = 1.46 - 1.21[lg(Y_0/10)] . \quad (2.31)$$

Відношення коефіцієнтів асиметрії та варіації $(C_s/C_v)_Y$ осереднені по території рівнинної України на рівні 2.25. Це дозволило для оцінки забезпеченості прогнозних величин прийняти нормативне співвідношення $(C_s/C_v)_Y$=2.0, використовуючи криву трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля (для середнього по території значення C_s/C_v) .

Забезпеченість прогнозних величин Y_m та Q_m встановлюється у вигляді інтервалу

$$P_1 < P_{Y(Q_m)} < P_2 , \quad (2.32)$$

де P_1 і P_2 – верхня та нижня межі забезпеченості, які встановлюються за таблицями.

2.4 Картографічна форма представлення прогностичних величин шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля та їх забезпеченості

В гідрологічній практиці для наявного представлення будь-якої величини у просторовому розподілі будують карти зміни цих величин по території. Це відноситься як до факторів, що формують весняне водопілля (максимальні запаси вологи в сніговому покриві, глибини промерзання ґрунтів та дати їх настання, температури повітря та ін.), так і до прогнозних величин шарів весняного стоку.

Оцінити розміри очікуваного водопілля у кожному році, особливо для невивчених річок, є можливим, якщо прогнозні значення шарів стоку чи максимальні витрати води представляти на підставі карт відносних величин модульних коефіцієнтів весняного стоку – k_Y. Оскільки модульний коефіцієнт нижньою межею має 0, то при k_Y=1.0 його значення співпадає з середнього багаторічною величиною (нормою) значення. Якщо прогнозований модульний коефіцієнт k_Y<1, то максимальні витрати (шари стоку) водопілля будуть

нижчими за норму, якщо ж k_Y>1, тобто водопілля очікується вище за норму, а якщо ж k_Y знаходиться в межах одиниці, то водопілля буде близьким до норми.

Одночасно з картами прогнозних значень модульних коефіцієнтів весняного водопілля надається й карта ймовірності перевищення прогнозних величин у багаторічному розрізі (Р %) у будь-якій частині території, незалежно від стану її гідрометеорологічної вивченості. Так, наприклад, при Р=20 % - водопілля буде спостерігатися один раз у 5 років, при Р=1 % - один раз у 100 років і т.д.

Зазначені карти надаються споживачам – місцевим органам самоврядування, управлінням надзвичайних ситуацій та громадянського захисту населення та ін. і дозволяють оцінити розміри водопілля на значних територіях з підвищеною небезпекою при високих повенях, визначати їхню повторювальність у багаторічному розрізі. З іншого боку, карти надають можливості випускати прогнози шарів стоку водопілля в конкретному пункті території, навіть для тих річок, по яких спостереження за стоком відсутні.

2.5 Визначення факторів весняного водопілля

На даний момент факторами водопілля, достатньо надійно, можуть бути визначені лише опади, які беруть участь у його формуванні (запаси води в сніговому покриві і весняні опади), причому останні при прогнозі ураховуються у вигляді нормованої величини. Завдання ж прогнозу весняного стоку річок потребує визначення водопоглинаючої спроможності річкового басейну перед початком сніготанення і прогнозу втрат води в період розвитку весняного водопілля.

Запаси води в сніговому покриві і крижаній кірці

У період весняного водопілля основним джерелом живлення річок є запаси води в сніговому покриві, які накопичилися до початку весни й опади, що випадають у період танення снігу і потім аж до закінчення водопілля. У кожному році вони можуть бути одержані за допомогою стаціонарних снігомірних з′йомок, аерофотоз′йомок, космічних вимірювань (свч-методи, інфро-червоні аерокосмічні вимірювання). За даними снігоз′йомок у полі будуються карти ізоліній запасів

води у сніговому покриві на визначені дати, наприклад, на дати складання прогнозу та перед початком весняного сніготанення (максимальні снігозапаси).

Розподіл снігу на поверхні водозбору має вкрай нерівномірний характер і залежить від типу підстильної поверхні (рельєфу, рослинності) і метеорологічних умов періоду снігонакопичення в кожному конкретному році. Відомо, що сніг, який випадає на поверхню водозбору, може перерозподілятися під час зими. Однією з причин є його вітровий перенос у яри, балки, річки, на підвітряні схили.

Різним є також співвідношення снігу на відкритих частинах басейну й у лісі. Наприклад вважають, що снігу накопичується на полях більше, ніж у лісі. Таке явище пояснюється затримкою значної частини снігу кронами дерев і швидкого його випаровування.

На думку багатьох авторів – на початку весни снігу в лісах накопичується більше, ніж у полі. Про це свідчать значення коефіцієнтів снігонакопичення $k_л$ у лісах різноманітної породи в різних фізико-географічних районах.

З урахуванням нерівномірності снігонакопичення на відкритих і залісених ділянках середні зважені значення максимальних запасів води в снігу (S_m) на водозборах обчислюються за формулою

$$S = S_n(1 - f_л) + S_n k_л f_л \tag{2.33}$$

де $f_л$ – залісеність водозборів (у частках від загальної її площі);

$k_л$ – співвідношення снігозапасів у лісі і полі, яке за даними вимірювань у басейнах південної частини лісної і лісостепової зон складає величину близько 1.10-1.15.

У районах з зимовими відлигами необхідно ураховувати ще й запаси води у крижаній кірці, які визначається за формулою

$$S_{кк} = \rho h f_{кк}, \tag{2.34}$$

де h - середня товщина крижаної кірки, м;

ρ - щільність крижаної кірки, кг/м^3;

$f_{кк}$ - площа поширення крижаної кірки (у частках від загальної площі).

Запаси, що залишились після відлиги, утворюють додатковий запас вологи до початку весняного танення снігу і дорівнюють

$$\Delta S_{зал} = (S + X)_{від} - Y_{зп} - \Delta W_з, \qquad (2.35)$$

де $S_{від}$ і $X_{від}$ – снігозапаси на початок відлиги і опади за відлигу, мм;

$Y_{зп}$ – шар стоку за зимовий паводок, мм;

$\Delta W_з$ – накопичення запасів ґрунтової вологи за відлигу, мм.

Загальний запас води у сніговому покриві буде визначатися за формулою:

$$S_m = S_n\left[1 + f_л(k_л - 1)\right] + S_{кк} + \Delta S_{зал}. \qquad (2.36)$$

Ступінь нерівномірності залягання снігового покриву на місцевості може бути охарактеризована за допомогою типових кривих забезпеченості величин снігозапасів, які описуються функцією гама-розподілу:

$$P(S) = \alpha^{\alpha} S^{\alpha-1} e^{-\alpha S} / \Gamma(\alpha), \qquad (2.37)$$

де $\alpha = 1 / C_v^2$;

Cv – коефіцієнт варіації запасів води у снігу по площі (для степової і лісостепової зон можна прийняти Cv=0.45 і Cs=2Cv);

S – середній по площі запас води у сніговому покриві, мм.

Такі криві були побудовані В.Д.Комаровим для лісової, лісостепової і степової зон та можуть бути використані для знаходження площі одночасного сніготанення і дат сходу снігового покриву у басейнах річок.

Підрахунок середніх по басейнах максимальних запасів води в сніговому покриві проводився за формулою, де S обчислено за даними репрезентативних метеостанцій за вимірами в полі

$$S_{m_i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} S_j \,, \qquad (2.38)$$

де S_j - максимальні снігозапаси по окремих пунктах їх виміру у межах водозбору;

m- кількість вимірювальних пунктів снігозапасів.

Максимальні запаси води у сніговому покриві перед весняним сніготаненням доцільно включати у прогнозну схему у вигляді модульних коефіцієнтів

$$(k_S)_i = \frac{S_{m_i}}{S_0}, \qquad (2.39)$$

де S_{m_i} - значення середніх на водозборі максимальних снігозапасів в i-му році;

S_0 – норма максимальних снігозапасів на водозборі

$$S_0 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} S_{0_j} \,, \qquad (2.40)$$

де S_{0_j} - середні багаторічні значення максимальних снігозапасів на j-ому пункті:

$$S_{0_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} S_{ij} \,, \qquad (2.41)$$

n- період спостережень за снігозапасами (у роках);

S_i - максимальні запаси води в сніговому покриві в j-ому пункті в i-му році.

Для аналізу зміни запасів води в сніговому покриві, які накопичуються на водозборах перед початком весняного водопілля є доцільним у кожному році будувати карти розподілу їх по території. Такі карти є основою при складанні прогнозів максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля.

Використання даних про кількість і розподілу снігового покриву за допомогою методів аерокосмічних спостережень дають змогу одержати інформацію на великих територіях, у тому числі й на тих, де відсутні стаціонарні спостереження.

Формою представлення радіометричних спостережень є цифрові багатозональні фотозйомки, які підлягають комп'ютерній обробці, архівації та порівнянні з ландшафтними, геологічними, екологічними даними, картами ґрунтів, рослинності та іншими тематичними картами.

За наявністю обмеженої мережі спостережень і недостатній вихідній інформації можуть бути використані методи об′єктивного аналізу характеристик снігового покриву. Останній полягає в побудові полів значень аналізованого елементу (за даними спостережень репрезентативних станцій) з подальшим визначенням (шляхом інтерполяції) значень цього елементу до вузлів деякої, заздалегідь заданої на плоскості регулярної сітки, а потім і побудовою карт ізоліній .

Опади періоду весняного водопілля

Прибуткова частина балансу весняного водопілля включає до себе і рідкі опади на поверхню снігу, який тане (X_1) та на ґрунт, який звільнився від снігу (X_2).

Умови стікання дощових вод залежать від стану підстильної поверхні. Так, найбільші коефіцієнти стоку від опадів спостерігаються наприкінці сніготанення, коли ґрунт досить вологий, а безстічні ємності на басейні в основному заповнені водою.

Після сходу снігу на басейні і розмерзання ґрунту коефіцієнти стоку поступово убувають з ростом кількості днів від дати сходу снігу до дати випадіння дощів.

При розробці методів довгострокових прогнозів елементів весняного водопілля вважають, що опади у період від дати накопичення максимальних

снігозапасів до дати сходу снігу (X_1) і поталі води стікають з приблизно однаковими втратами та звично підсумовуються з максимальними запасами води в сніговому покриві і крижаній кірці (S_m+X_1). Коефіцієнти стоку від опадів у період після сходу снігу і до кінця водопілля (X_2) не залишаються постійними за рахунок збільшення водопроникності ґрунтів внаслідок їх відтанення. У балансових розрахунках величина опадів X_2 ураховується з деяким коефіцієнтом k, який дорівнює

$$k = \overline{\eta}_{\partial} / \overline{\eta}_T \ , \tag{2.42}$$

де $\overline{\eta}_{\partial}$ і $\overline{\eta}_T$ - середні багаторічні значення коефіцієнтів дощового і поталого стоку для даного басейну.

За даними багаторічних спостережень на різних водозборах значення коефіцієнту k змінюється у межах 0.3-0.5.

Розрахунок середніх на водозборі опадів X_1 і X_2 в кожному році ведеться, як середнє їх значення за вимірами в пунктах спостережень. В методах територіальних прогнозів опади доцільно враховувати у вигляді їх модульних коефіцієнтів, як і снігозапаси. В цьому випадку необхідним є визначення середніх багаторічних величин опадів X_{1_0} та X_{2_0}.

Для рівнинної частини України отримана залежність норм опадів X_{1_0} від середньої тривалості періоду їх підсумовування T_{X_1}

$$X_{1_0} = 0.77 T_{X_1} + 7, \tag{2.43}$$

в свою чергу T_{X_1} (діб) узагальнено по басейнах

$$T_{X_1} = 2.0(\varphi° - 50) + 28, \tag{2.44}$$

де $\varphi°$ - географічна широта геометричних центрів тяжіння водозборів, в долях град півн.ш.

Для узагальнення опадів, що випадають після сходу снігу з поверхні водозборів та обумовлюються тривалістю спаду водопіль T_{X_2} (діб) отримана залежність

$$X_{2_0} = 1.09 T_{X_2} + 3.35, \tag{2.45}$$

а самі значення T_{X_2} можуть бути отримані за розмірами водозборів

$$T_{X_2} = 10\lg(F+1), \tag{2.46}$$

де F- площа водозборів, км^2.

Втрати води на водозборі і оцінка факторів водопоглинаючої спроможності ґрунтів під час весняного водопілля

Задача прогнозування весняного стоку річок потребує визначення водопоглинаючої спроможності річкового басейну перед початком сніготанення і передобчислення втрат води в період розвитку весняного водопілля. Відомо, що сумарні втрати води складаються з втрат на інфільтрацію в ґрунт, поверхневої затримки і випаровування.

Втрати талої води на випаровування у період формування весняного водопілля оцінюються багатьма авторами по розміру інтенсивності випаровування з підстильної поверхні.

Розмір поверхневої затримки в умовах південної частини лісостепу і степової зони складається з ємності різноманітних знижень рельєфу і мікрорельєфу, перехоплення опадів рослинністю з врахуванням розораності території і, нарешті, втрат води на змочування частинок і заповнення значних некапілярних пор у верхньому 3-4-см шарі грунту.

За даними багаторічних досліджень експедиції ДГІ, зроблено висновок про

те, що мікрорельєф поверхні водозборів може затримувати талі води тільки тимчасово, втрачаючи їх при цьому на інфільтрацію в грунти, поповнюючи запаси вологи грунту і збільшуючи запаси грунтових вод. При цьому втрати талих вод на поверхневу акумуляцію не великі і складають у залежності від механічного складу грунтів 1-5 мм.

Особливості поглинання (інфільтрації) поталих та дощових вод у період весняного водопілля досліджувалися з давнини.

Ще в 1903 році був встановлений факт водопроникності мерзлого ґрунту. Надалі це питання було розвинуто багатьма вченими. В 1957 році в результаті експериментальних досліджень водопроникності мерзлого ґрунту було доведено, що мерзлий ґрунт спроможний поглинати талі води, якщо його вологість не перевищує граничного значення, рівного найменшій вологоємності (НВ). Було вперше зазначено теплофізичну сторону процесу взаємодії води, яка просочилася, і мерзлого ґрунту.

Втрати води на інфільтрацію визначаються головним чином передвесняною вологістю ґрунтів (W). Вплив глибини промерзання на водопоглинаючу спроможність ґрунтів проявляється при невеликих її значеннях, тому що виникають додаткові втрати на інфільтрацію на ділянках з слабким промерзанням ґрунтів.

Найчастіше показником зволоження ґрунтів перед початком весняного сніготанення є величина запасу продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, яка вимірюється наприкінці зими (W).

Використання осінньої вологості ґрунтів (W_{oc}) можливе лише з урахуванням поповнення вологозапасів ґрунту в періоди зимових відлиг, які досить часто спостерігаються на досліджуваній території. Розрахункова передвесняна вологість визначається по балансових рівняннях

$$W = W_{oc} + \Delta W_з , \qquad (2.47)$$

причому

$$\Delta W_з = a\sum\theta_+ - z_0 S_{від} + X_{від} - Y_{від}, \qquad (2.48)$$

де $\Delta W_з$ - зміна запасів вологи в ґрунті у зимовий період за рахунок відлиг, мм;

$a\sum\theta_+$ - шар снігу, який розтанув за відлигу, мм;

а - коефіцієнт танення снігу за періоди відлиг, прийнятий на рівні 2.5 мм/^{o}С на добу [4];

$\sum\theta_+$ - сума плюсових середніх добових температур повітря за відлигу, ^{0}С;

$z_0S_{від}$ - шар води, утримуваний у товщі снігу перед відлигою ($S_{від}$), мм;

z_0 - коефіцієнт спроможності снігу, який утримує вологу, прийнятий рівним 0.13.

$X_{від}$ - сума дощових опадів за відлигу, мм;

$Y_{від}$ - шар стоку за паводок від відлиги, мм.

У випадках нестачі або відсутності даних прямих вимірювань вологості ґрунтів її розрахунок можна вести за рівнянням водного балансу для шару ґрунту за деякий попередній час (найчастіше це дата стійкого переходу температури повітря через 0 ^{o}С восени або початку сніготанення - весною)

$$W_к = W_п + X - E + \Delta W_з, \qquad (2.49)$$

де $W_п$ і $W_к$ – запаси вологи у шарі ґрунтів 0-100 см на початок і кінець розрахункового періоду, мм;

X і E- опади і випаровування за і-й інтервал часу, мм;

Розрахунок $W_к$, X, E здійснюється за декадами або за місяцями. Початок розрахункового періоду визначається датою, на яку є значення $W_п$, а при їх відсутності – приймають дату низьких або незначно змінних від року до року значень вологості ґрунтів.

В якості показника втрат води у період весняного водопілля (для річок лісової зони надлишкового зволоження) може бути прийнята інтегральна

характеристика зволоження водозборів – середній осінній або осінньо-зимовий річковий стік, який визначається вологонасиченістю басейну, що в основному залежить від сумарних запасів вологи в зоні аерації, ґрунтових і болотних водах.

В територіальних методах прогнозу весняного стоку може бути використаний середній річковий модуль стоку з вересня попереднього по січень поточного (q_{09-0I}, л/с км^2) року, віднесений до його норми $(q_{09-0I})_0$

$$(k_{q_{09-0I}})_i = \frac{(q_{09-0I})_i}{(q_{09-0I})_0} \qquad (2.50)$$

де $(q_{09-0I})_i$- середній модуль стоку з вересня по січень для і-ї весни, л/(с·км^2).

За відсутності спостережень прийняту характеристику зволоження ґрунтів можна визначити за встановленими залежностями середнього модуля стоку з вересня по січень q_{09-0I} від широти геометричних центрів тяжіння водозборів. Так, для норми $(q_{09-0I})_0$ отримане рівняння

$$(q_{09-0I})_0 = 0{,}40\ (\varphi^0 - 50) + 1{,}54, \qquad (2.51)$$

де $(q_{09-0I})_0$ - середні багаторічні значення середніх модулів стоку з вересня попереднього по січень поточного років, л/(с·км^2).

В якості індексу передвесняного стану басейнів може бути прийнятий передпаводкова витрата води або середній місячний річковий стік, в попередній від початку водопілля місяць ($Q_{пв}$, м^3/с). У вигляді модульного коефіцієнту, значення $Q_{пв}$ відноситься до норми витрати води цього ж місяця $(Q_{пв})_0$

$$(k_{q_{пв}})_i = \frac{(Q_{пв})_i}{(Q_{пв})_0}, \qquad (2.52)$$

де $(Q_{пв})_i$ –середня витрата води і-го місяця перед весняним водопіллям, м^3/с.

За відсутності багаторічних даних будуються залежності норм витрат в попередній від початку водопіль місяць від площ водозборів $(Q_i)_0 = f(F)$.

При визначенні модульного коефіцієнту $(k_{q_{09-0I}})_i$ або $(k_{q_{пв}})_i$ за для конкретних років поточні значення $(q_{09-0I})_i$ або $(Q_{пв})_i$ можуть бути отримані на підставі безпосередніх спостережень за стоком води річок. За відсутності спостережень можливо відновлення рядів $(q_{09-0I})_i$ шляхом побудування для кожного і-го року залежностей типу $Q_{пв\,i}$ їх зв'язок з площами водозборів.

Важливим фактором інфільтраційних властивостей ґрунтів є глибина їх промерзання, яка визначає наявність льоду у порах ґрунту при даному їх зволоженні. Глибина промерзання ґрунту залежить, насамперед, від значень негативних температур, які проникають у ґрунти, і висоти снігового покриву, а також визначається місцевими факторами (типом ґрунту, його фізико-механічними і тепловими властивостями, мікрорельєфом басейну й іншими).

Процес промерзання ґрунту найбільш інтенсивно відбувається в початковий період зими, коли висота снігового покриву ще не значна, а надалі інтенсивність промерзання сповільнюється. Роль глибини промерзання ґрунту пов'язана з утриманням осінніх вологозапасів у верхніх шарах ґрунту, а також із створенням умов для зимової міграції вологи з більш теплих нижніх горизонтів ґрунту до верхнього шару, який промерзає. Чим раніш і глибше промерзне ґрунт, тим більше збережеться в ньому осінньої вологи, тим більш значним буде поповнення вологи за рахунок міграції, а отже меншими будуть утрати талої води, у порівнянні з втратами на непромерзлих ділянках.

Глибина промерзання ґрунту оцінюється за вимірюванням її у польових умовах або розраховується за даними негативних температур повітря і висоти снігу.

Для прогнозів втрат весняного стоку необхідно знати розподіл глибини промерзання ґрунту по площі водозбору. У відповідності до середньої глибини

промерзання ґрунту у річковому басейні В.Д.Комаровим для річок степової зони побудовані типові криві забезпеченості глибин промерзання ґрунтів за площею водозборів).

При розрахунках втрат талих вод на інфільтрацію часто необхідна оцінка її на ділянках, де ґрунт слабко промерзлий (L≤20 см) у зв'язку з виникненням додаткових втрат води на поглинання в межах цих ділянок.

Для розробки методики прогнозу весняного стоку використовують дані за максимальною глибиною промерзання ґрунту наприкінці зими (під озимими), осереднені по водозборах і з урахуванням даних усіх пунктів спостережень, розташованих у їх межах

$$L_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} L_j \,, \qquad (2.53)$$

де L_j - максимальні глибини промерзання ґрунтів по окремих пунктах їх виміру у межах водозбору, см;

m- кількість вимірювальних пунктів глибин промерзання.

У територіальних методах доцільно приймати значення глибин промерзання віднесені до їх норм, тобто

$$(k_L)_i = \frac{L_i}{L_0}, \qquad (2.54)$$

де L_i - середнє по водозбору значення максимальної глибини промерзання ґрунту для і-го року, см;

L_0 – норма глибини промерзання на водозборі

$$L_0 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} L_{0j} \,, \qquad (2.55)$$

де L_{0_j} - середнє багаторічне значення глибин промерзання ґрунтів у j-му пункті спостережень, см;

m - кількість пунктів спостережень за промерзанням ґрунтів на водозборі.

Узагальнення L_0, розрахованих для кожного пункту спостережень j (по даних на агрометстанціях), може бути виконане в залежності від широтного положення пунктів. У цілому при збільшенні широти, тобто при переході з південних у більш північні райони рівнинної України, глибини промерзання збільшуються у відповідності з рівнянням

$$L_0 = L_{0(\varphi=50)} + 3.56(\varphi - 50), \qquad (2.56)$$

де $L_{0(\varphi=50)}$- значення глибини промерзання на $\varphi = 50^{\circ}$ північної широти, яке дорівнює 65.6.

При складанні прогнозів у кожному році для розрахунку k_L використовуються безпосередні виміри глибин промерзання ґрунтів Lj, як середньозважені або середні арифметичні значення у межах кожного з водозборів. За відсутності спостережень на водозборах доцільним є використання залежностей виду, але побудованих по щорічних даних.

Визначення середньої глибини промерзання та індексів зволоження ґрунту на водозборі, у тому числі й для басейнів, де даних спостережень стаціонарної мережі недостатньо, можливе на основі щорічно складаних карт ізоліній цих характеристик у даному регіоні. Відомий досвід складання карт вологості ґрунтів територій з різноманітним складом ґрунтів на основі використання і співставлення орбітальних сканованих відображень, радіометричних трасових літакових вимірювань, контактних наземних вимірювань вологості, а також даних лабораторних досліджень діелектричних властивостей ґрунтів в залежності від їх вологості.

Взагалі, побудова карти ізоліній можлива для будь-якого гідрометеорологічного елемента, що підлягає географічній закономірності, з метою подальшого її використання для визначення цього елемента у будь-якій точці на місцевості.

3 ТЕРИТОРІАЛЬНІ ДОВГОСТРОКОВІ ПРОГНОЗИ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІЧОК НИЖНЬОГО ПОДНІПРОВ'Я

3.1 Методичні рекомендації щодо довгострокових просторових прогнозів шарів стоку весняного водопілля на річках Нижнього Подніпров'я

З метою складання оперативних прогнозів шарів стоку водопілля була розроблена комп'ютерна обчислювальна технологія, що дозволяє формувати базу вихідних гідрометеорологічних даних, які використовуються в методиці територіальних довгострокових прогнозів гідрологічних характеристик весняного стоку, розраховувати середні по водозборах фактори водопілля, що включені в дискримінантні рівняння при встановленні водності очікуваної весни, складати прогноз шарів весняного стоку та виконувати його оцінку у поточному режимі випуску на річках басейну Нижнього Подніпров'я.

У даному розділі використовуються матеріали з наступних джерел [13-17], за списком використаної літератури.

3.1.1 Схема складання прогнозів шарів стоку весняного водопілля за наявності та відсутності гідрологічних даних на річках

Довгостроковий прогноз шарів стоку весняного водопілля за розробленою методикою по оперативних гідрометеорологічних даних відбувається за такими кроками:

- аналіз умов формування весняного водопілля;
- формування базової інформації про морфометричні і середньобагаторічні характеристики;
- збір оперативної гідрометеорологічної інформації у поточному році;
- складання прогнозу шарів стоку весняного водопілля в залежності від передбачення типу розвитку весняних процесів;

-встановлення ймовірності настання прогнозних величин у багаторічному розрізі;

- побудова картосхем прогнозних величин модульних коефіцієнтів шарів стоку та їх забезпеченостей;

- оцінка прогнозу шарів стоку весняного водопілля в різні дати його складання.

Схема довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля на річках басейну Нижнього Подніпров'я розглядається на прикладі зимово-весняного періоду 2017-2018 рр. Вихідні гідрометеорологічні матеріали спостережень за факторами водопілля, рівнями та витратами води в річках у зимово-весняний період 2017-2018 рр. отримані за даними оперативної інформації Українського Гідрометцентру при використанні програмного комплексу - автоматизоване робоче місце гідролога-прогнозиста (АРМ-гідро).

Характерною особливістю поточної зими був досить нестабільний температурний режим з частими і короткочасними періодами похолодань і потеплінь. Такі погодні умови визначили характер снігонакопичення і особливості структури снігового покриву. Зниження температури повітря у грудні-січні супроводжувалось випадінням снігу (10-70 мм), а середні значення глибини промерзання ґрунту сягали 25 см.

Схема довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля за гідрометеорологічними даними.

Формування бази вихідних даних та оперативних матеріалів.

При складанні довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля необхідна наступна базова інформація (табл. 3.1).

а) Морфометричні та басейнові характеристики опорних водозборів:

- їх площі, F, км^2;

- залісеність водозборів $f_л$, в частках від площ водозборів F;

- заболоченість водозборів, $f_б$, в частках від площ водозборів F ;

- географічна широта геометричних центрів водозборів φ^{o}півн.ш. або в частках град.;

- приналежність гідрологічного поста до однорідного за умовами формування весняного водопілля району, відповідно районуванню, де зберігається сталість параметрів прогнозної схеми (рис. 3.1).

б) Середньобагаторічні величини вихідних даних:

- шарів стоку весняного водопілля Y_0 ,мм, отриманих по часових рядах стокових спостережень Y_i по ній за n років

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i}{n} \tag{3.1}$$

або картосхема розподілу Y_0 по території (рис. 3.2).

Отримати значення Y_0, використовуючи картосхему (рис. 3.2), можна по значеннях середньобагаторічних величин шарів весняного стоку $(Y_0)_{карт}$, які зняті з картосхеми (рис 3.2) , за рівнянням

$$Y_0 = (Y_0)_{карт} \cdot k_л k_б \,. \tag{3.2}$$

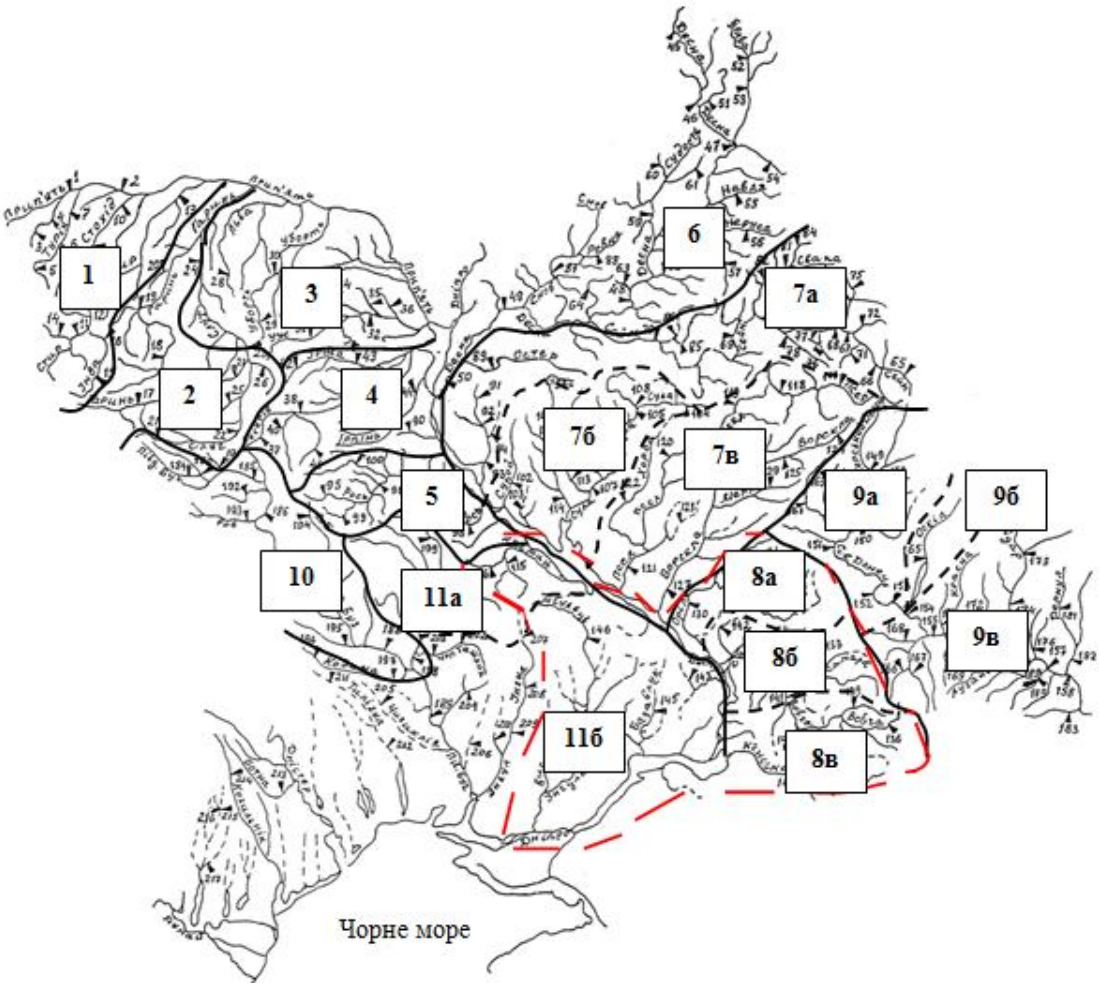

Рисунок. 3.1 - Галузево-прикладне районування рівнинної території України при довгостроковому прогнозуванні характеристик весняного водопілля рівнинних річок України.

Для визначення коефіцієнтів впливу заболоченості $k_б$ і залісеності $k_л$ на середньобагаторічні величини шарів стоку використовуються рівняння:

$$k_б = 1 - 0.081 \cdot \lg(f_б + 1)\,; \tag{3.3}$$

$$k_л = 1 + 0.070 \cdot \lg(f_л + 1)\,, \tag{3.4}$$

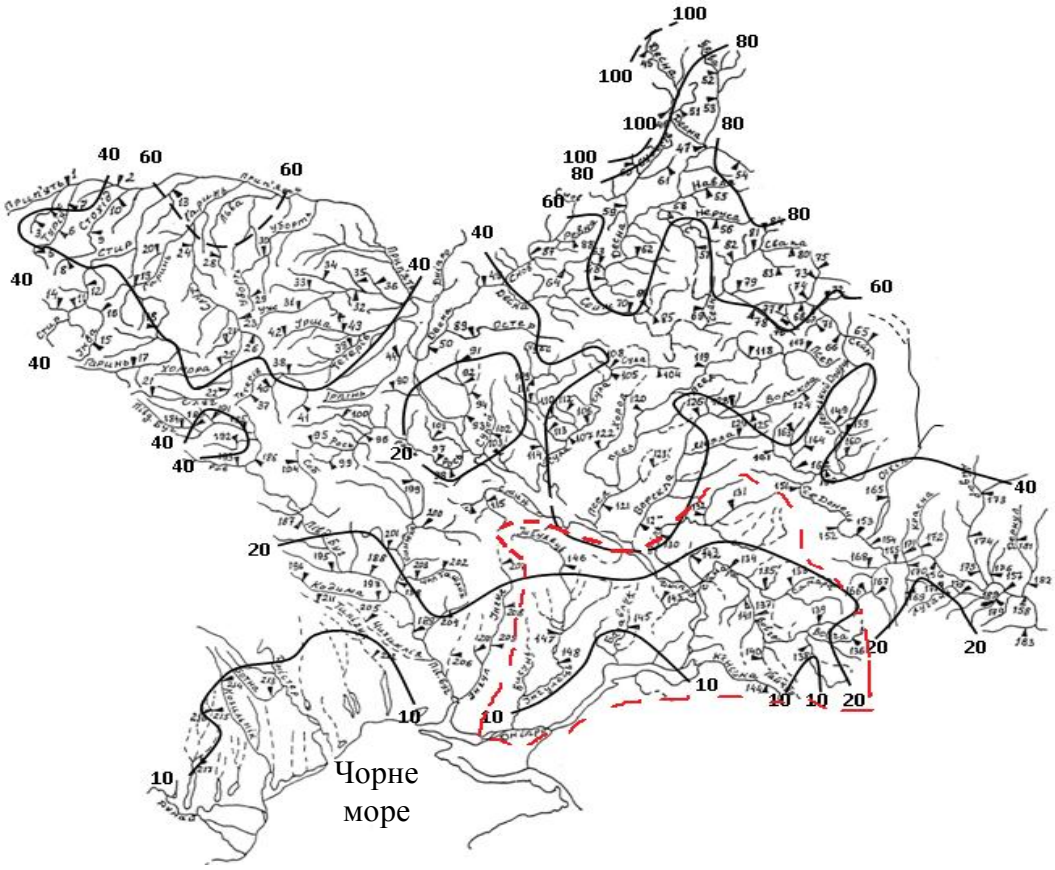

Рисунок 3.2 - Розподіл по території середньобагаторічних величин шарів стоку весняного водопілля (при $f_л$ =0, $f_б$ =0) в басейнах річок рівнинної території України, мм.

де $f_б$ і $f_л$ - заболоченість і залісеність водозборів річок, що наведені в табл.Д.1.1;

- максимальних запасів води у сніговому покриві або картосхема розподілу по території величин S_0, мм;

- весняних опадів періоду танення снігу X_{1_0} і спаду весняного водопілля X_{2_0}, мм або регіональні рівняння:

$$X_{1_0} = 1.03 T_{X_1}; \quad (3.5)$$

$$X_{2_0} = 1.22 T_{X_2}, \quad (3.6)$$

де T_{X_1} – середня за багаторічний період тривалість періоду підсумовування опадів X_1, діб, що узагальнена по басейнах в залежності від географічної широти геометричних центрів водозборів φ (в частках град.) у вигляді:

$$T_{X_1} = 2.0\left(\varphi^o - 50\right) + 28, \tag{3.7}$$

T_{X_2} - середньобагаторічний період спаду водопіль, діб, що може бути отриманий в залежності від розмірів водозборів річок (F, км^2) у вигляді

$$T_{X_2} = 10\lg\left(F + 1\right); \tag{3.8}$$

- максимальних значень глибин промерзання ґрунтів під озимими або картосхема розподілу по території L_0 ,см чи регіональна залежність L_0 від географічної широти пунктів виміру глибин промерзання ґрунтів φ (в частках град.) у вигляді

$$L_0 = 66 + 3.56(\varphi^o - 50); \tag{3.9}$$

- середньомісячних витрат води за зимові та весняні місяці, отримані як: середньобагаторічні значення середніх модулів стоку з вересня попереднього по січень поточного років $(q_{09-01})_0$, л/(с·км^2) або регіональне рівняння:

$$(q_{09-01})_0 = 0.36\ (\varphi^o\text{-}50)+1.78\ , \tag{3.10}$$

де φ - географічна широта геометричних центрів водозборів, в частках град.;

- середньомісячних температур повітря за лютий $(\Theta_{02})_0$ ^{0}C та березень $(\Theta_{03})_0$ ^{0}C за даними метеорологічних станцій (як середня величина по даних метеостанцій в межах водозбору) або по тих, що знаходяться близько до геометричних центрів водозборів;

Карто – схема 3.3 - Розподіл по території Укріїни середньобагаторічних максимальних запасів води в сніговому покриві, мм.

Таблиця 3.1- Базова інформація для довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля на опорних водозборах рівнинних річок України (середньобагаторічні гідрометеорологічні величини прийняті як норма по 2000 р.) басейни річок Нижнього Подніпров'я (район 8,11б)

Номер поста	Річка-пост	F, км^2	$f_л$, %	$f_б$, %	φ, в частк-ах град.	S_0, мм	X_{1_0}, мм	X_{2_0}, мм	$(S_0+X_{10}+X_{20})$, мм	L_0,см	$(q_{09-01})_o$, л/(с·км^2)	Y_0, мм	$(C_v)_Y$	σ_Y, мм	$(\delta_{доп})_Y$, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
130	Оріль – смт Царичанка	9100	1	2	49.20	49	30	68	147	58	0.51	27	0.73	19	13
134	Самара –с.Кочережки	19800	3	1	48.17	34	35	61	130	52	0.35	12	0.90	10	7.0
137	Вовча – смт Васильківка	11600	3	1	47.85	34	35	45	114	49	0.30	13	1.10	17	11
138	Мокрі Яли – х.Грушівський	2660	2	1	47.50	44	29	37	110	48	0.24	6.4	1.90	12	8.0
140	Гайчур – с. Андріївка	2100	1	0	47.58	26	34	24	84	48	0.30	11	1.47	16	11

Продовження табл.3.1

Номер поста	Річка-пост	F, км^2	$f_л$, %	$f_б$, %	φ, в частк-ах град.	S_0, мм	X_{1_0}, мм	X_{2_0}, мм	$(S_0+X_{10}+X_{20})$, мм	L_0,см	$(q_{09\text{-}01})_o$, л/(с·км^2)	Y_0 мм	$(C_v)_Y$	σ_Y, мм	$(\delta_{доп})_Y$, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
115	р.Тясмин-с.Велика Яблунівка	1780	14	1	48.93	41	24	26	91	56	-	23	0.79	18	12
145	р.Базавлук-с.Катерино-Наталівка	1050	2	0	48.12	33	29	29	91	57	-	11	1.13	12	8.0
146	Інгулець-с.Олександро-Степанівка	1400	13	1	48.40	43	29	32	104	61	-	33	0.86	28	19
147	Інгулець-м.Кривій Ріг	8600	5	1	48.17	34	29	31	94	55	-	18	1.21	23	15
148	Інгулець-с.Могилівка	9280	5	1	48.08	34	30	30	94	55	-	20	1.06	21	14

- коефіцієнти варіації шарів стоку весняного водопілля на річках $(C_v)_Y$, що отримуються при статистичній обробці часових рядів стокових даних.

За відсутності спостережень на річках $(C_v)_Y$ визначаються за рівнянням в залежності від географічної широти геометричних центрів водозборів (φ в частках. град.)

$$(C_v)_Y = 0.81 - 0.12(\varphi^o - 50) \tag{3.11}$$

або від середньобагаторічних значень шарів стоку Y_0

$$(C_v)_Y = 1.62\left(\frac{Y_0}{5}\right)^{-0.38}; \tag{3.12}$$

- величина допустимої похибки прогнозу $\delta_{доп}$ отримується для річок, по яких є дані часових рядів стокових спостережень

$$\delta_{доп} = \pm\, 0.674\ \sigma, \tag{3.13}$$

де σ – середньоквадратичне відхилення величин шарів стоку весняного водопілля від їх середньобагаторічних значень.

За обмеженості або відсутності рядів вимірів стоку на річках для визначення величини допустимої похибки при прогнозуванні шарів стоку водопілля використовується залежність $\delta_{доп}$ від широти геометричних центрів водозборів річок (φ в частках град.) у вигляді

$$\delta_{доп} = 1.95(\varphi^o - 50) + 18; \tag{3.14}$$

- таблиці трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф.Менкеля (при $C_s = 2.5C_v$).

Оперативна гідрометеорологічна інформація поточного року включає ті метеорологічні фактори водопілля, що входять до прогнозної схеми і до рівнянь дискримінантних функцій. До них відносяться:

а) запаси води в сніговому покриві на дати випуску прогнозів $S_{ДСП}$ і на дату їх максимального накопичення S_m ,мм за даними снігомірних зйомок на метеорологічних станціях або у вигляді картосхем їх розподілу по території;

б) метеорологічний прогноз опадів періоду весняного водопілля X_1' і X_2' (опади більше, близькі або менші за їх середньобагаторічні значення);

в) максимальна (на дату складання прогнозу або за зиму) глибина промерзання ґрунтів під озимими L, см за даними пунктів їх виміру або у вигляді картосхеми розподілу по території чи за рівнянням типу (3.9), але побудоване по поточних даних глибин промерзання ґрунтів;

г) середньомісячні витрати води осінньо-зимового стоку по опорних створах річок з вересня попереднього (2017 р.) по січень поточного (2018 р.) року або регіональне рівняння типу (3.10), побудоване по значеннях витрат води в створах річок (лівобережжя України) для періоду 2017-2018 р., л/(с·км^2)

$$(q_{09-01}) = 0.45\ (\varphi^o - 50) + 1.47, \qquad (3.15)$$

де φ - географічна широта геометричних центрів водозборів, в частках град.

е) середньомісячна температура повітря у лютому Θ_{02} ^{o}C за даними метеорологічних станцій або у вигляді прогнозної величини;

ж) метеорологічний прогноз середньомісячної температури повітря в березні Θ_{03} ^{o}C .

Порядок складання довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля за гідрометеорологічними факторами включає такі етапи:

а) визначення сумарної кількості води, яка бере участь у формуванні весняного водопілля, розраховується за схемою:

- в дату складання прогнозу (наприклад, 10, 20 або 28 лютого) за формулою

$$(S_m + X_1' + X_2')_{ДСП} = [S_{ДСП}(1 - f_л) + k_л S_{ДСП} f_л] + \Delta\overline{S} + X_1' + X_2', \quad (3.16)$$

де $S_{ДСП}$ - максимальні запаси води в сніговому покриві, мм, що накопичилися на дату складання прогнозу, мм, що визначені як середні на водозборі

$$S_{ДСП} = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} S_j\ , \quad (3.17)$$

S_j - максимальні снігозапаси по окремих пунктах їх виміру у межах водозбору, мм;

m- кількість вимірювальних пунктів снігозапасів;

$f_л$ – залісеність водозборів, у частках від одиниці;

$k_л$ – коефіцієнт снігонакопичення у лісі, прийнятий на рівні 1.12;

$\Delta\overline{S}$ - нормальні добавки до максимальних запасів води в сніговому покриві, які для будь-якої дати прогнозу, мм, що визначаються за рівнянням (φ - широта пунктів виміру снігозапасів, в частках град.)

$$\Delta\overline{S} = b + a(\varphi^o - 50)\,, \quad (3.18)$$

та даними табл. 3.2 (по геометричних центрах водозборів) в залежності від очікуваної температури повітря в лютому та березні по метеостанціях (при

прогнозах шарів стоку весняного водопілля 2010 р. прийнято, що температура у весняні місяці буде на рівні норми – при цьому визначено добавку снігу ΔS_2);

Таблиця 3.2 - Нормальні добавки до максимальних запасів води в сніговому покриві $\Delta \overline{S}$, мм для басейну річок Нижнього Подніпров'я

Умови введення добавки ($\Delta \overline{S}$) в залежності від очікуваної температури повітря		$\Delta \overline{S}$	Значення коефіцієнтів рівняння (3.18)	
ДСП: до дати 20 лютого	ДСП: від дати 20 лютого і пізніше		a	b
$\Theta_{02,03} \leq (\overline{\Theta}_{02,03} - 1^oC)$	$\Theta_{03} \leq (\overline{\Theta}_{03} - 1^oC)$	$\Delta\overline{S}_1$	3.27-0.086 Д	26.8-0.55 Д
$(\overline{\Theta}_{02,03} + 1^oC) > \Theta_{02,03} > (\overline{\Theta}_{02,03} - 1^oC)$	$(\overline{\Theta}_{03} + 1^oC) > \Theta_{03} > (\overline{\Theta}_{03} - 1^oC)$	$\Delta\overline{S}_2$	3.38-0.109 Д	20.4-0.61 Д
$\Theta_{02,03} \geq (\overline{\Theta}_{02,03} + 1^oC)$	$\Theta_{03} \geq (\overline{\Theta}_{03} + 1^oC)$	$\Delta\overline{S}_3$	2.14-0.074 Д	7.47-0.25 Д

Примітки:

1. ДСП – дата складання прогнозу максимальних витрат води чи шарів стоку весняного водопілля;

2. $\Theta_{02,03}$ і $\overline{\Theta}_{02,03}$- середнє значення середньомісячних температур повітря в лютому і березні та середньобагаторічні їх значення, відповідно, ^oC.

3. Θ_{03} і $\overline{\Theta}_{03}$- середня температура повітря у березні та її середньобагаторічне значення, відповідно, ^oC.

4. Д - кількість діб від 1-го лютого до дати складання прогнозу.

та даних таблиці 3.2 (по геометричних центрах водозборів) в залежності від очікуваної температури повітря в лютому та березні по метеостанціях (при прогнозах шарів стоку весняного водопілля прийнято, що температура у весняні місяці буде на рівні норми – при цьому визначено добавку снігу ΔS_2);

X_1' – очікувані величини опадів X_1 періоду танення снігу на водозборах, що у кожному конкретному році приймаються з урахуванням коефіцієнта k_1 до середньобагаторічних величин опадів, орієнтуючись на метеорологічний прогноз опадів – вищі, близькі або нижчі за середньобагаторічне їх значення (X_{1_0}) у вигляді рівняння

$$X_1' = k_1 X_{1_0}, \tag{3.19}$$

та даних таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Коефіцієнти до середньобагаторічних величин опадів X_{1_0} та X_{2_0} з урахуванням метеорологічного прогнозу для басейну річок Нижнього Подніпров'я

Умови введення коефіцієнтів до норм опадів X_{1_0} та X_{2_0}	Коефіцієнти до норм опадів в формулах (3.19) і (3.20)
Опади вище норми ($X_1 > X_{1_0}$ +10 мм) Опади біля норми [(X_{1_0} +10 мм)≥X_1 ≥(X_{1_0} – 10мм)] Опади нижче норми ($X_1 < X_{1_0}$ –10мм)	k_1 = 1,83-0,055(φ^o-50) k_1 = 0.84+0.009(φ^o-50) k_1 = 0.29+0.029 (φ^o-50)
Опади вище норми ($X_2 > X_{2_0}$ +10 мм) Опади біля норми [(X_{2_0} +10мм)≥X_2 ≥(X_{2_0} – 10 мм)] Опади нижче норми ($X_2 < X_{2_0}$ –10 мм)	k_2 =1.75-0.027(φ^o-50) k_2 =0.86+0.022(φ^o-50) k_2 =0.36+0.031(φ^o-50)

Примітка.

φ^o - широта геометричних центрів водозборів, в частках ^{o}.

X_2' - очікувані величини опадів X_2 періоду спаду водопілля, що у кожному конкретному році приймаються з урахуванням коефіцієнта k_2 до середньобагаторічних величин опадів, орієнтуючись на метеорологічний прогноз опадів – вищі, близькі або нижчі за середньо багаторічну їх величину (X_{2_0}) у вигляді рівняння

$$X_2' = k_2 X_{2_0} \tag{3.20}$$

та даних таблиці 3.3;

- в дату накопичення максимальних запасів води в сніговому покриві

$$S_m + X_1' + X_2' = [S_m(1 - f_л) + k_л S_m f_л] + X_1' + X_2', \tag{3.21}$$

де S_m - максимальні запаси води в сніговому покриві на водозборі (за вимірами у полі) перед весняним водопіллям, мм, що визначені як середні на водозборі за рівнянням типу (3.20).

При складанні оперативного прогнозу шарів стоку весняного водопілля 2018 р. в басейнах річок рівнинної території України величини опадів були прийняті на рівні їх середньобагаторічних значень;

- визначення модульних коефіцієнтів максимальних запасів води в сніговому покриві, що накопичилися на басейні до початку весняного сніготанення та рідких опадів періоду формування шарів стоку весняного водопілля виконується за рівнянням

$$k_X = (S_m + X_1' + X_2')/(S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}); \tag{3.22}$$

б) встановлення індексу зволоження ґрунтів ведеться:

- для річок лівобережної частини території країни, як середнього модулю стоку за осінньо-зимовий сезон (з вересня 2017 р. по січень 2018 р.) q_{09-0I}, л/(с·км^2) відносно його норми (q_{09-0I})$_0$, у вигляді :

$$(k_{q_{09-0I}})_i = \frac{(q_{09-0I})_i}{(q_{09-0I})_0} \; ; \qquad (3.23)$$

- для річок правобережжя, як передповенева витрата води (прийнята середньомісячна витрата води у січні та у лютому), яка також входить у відносній величині

$$\left(k_{Q_{пв}}\right)_i = \frac{\left(Q_{пв}\right)_i}{\left(Q_{пв}\right)_0}; \qquad (3.24)$$

в) визначення середніх по басейнах річок максимальних глибин промерзання ґрунтів на водозборах L, як середнього арифметичного значення за даними пунктів їх виміру у межах водозбору. Значення глибин промерзання ґрунтів включене до дискримінантної функції у відносній величині

$$(k_L)_i = \frac{L_i}{L_0}; \qquad (3.25)$$

г) встановлення середньомісячної температури повітря лютого Θ_{02} ^{0}C (у тому числі з урахуванням метеорологічного прогнозу температури) по даних метеостанцій, розташованих в межах або близько до геометричних центрів водозборів

Етапи випуску прогнозів шарів стоку весняного водопілля:

а) складання альтернативного (якісного) прогнозу водності очікуваного весняного водопілля виконується з урахуванням знаку лінійної дискримінантної функції DF за формулами вигляду:

- для правобережної частини території

$$DF = a_0 + a_1 k_x + a_2 k_{Qпв} + a_3 k_L + a_4 \Theta^0_{\mathbf{02}} \; ; \qquad (3.26)$$

- для лівобережної частини території

$$DF = a_0 + a_1 k_x + a_2 k_{q_{09-01}} + a_3 k_L + a_4 \Theta^0_{02} . \quad (3.27)$$

Коефіцієнти рівнянь, наведені в таблиці 3.4 відповідно району приналежності гідрологічного поста. За знаком дискримінантної функції встановлюється якісний (альтернативний) прогноз водності майбутнього водопілля:

- дискримінантна функція DF1>0 – шари стоку очікуються більші за середньобагаторічні значення (ситуація 1);

- DF1≤0, а DF2≥0 – водопілля буде розвиватися за ситуацією 2, тобто шар стоку весняних вод очікується близьким до середньобагаторічних їх значень;

- DF1<0 і DF2< 0 – шари стоку водопілля прогнозуються меншим за середньобагаторічні їх значення (ситуація 3);

Таблиця 3.4 - Коефіцієнти рівнянь дискримінантних функцій при прогнозуванні шарів стоку весняного водопілля басейну річок Нижнього Подніпров'я

Номер району (підрайону) за рис.3.2	Басейни річок	DF	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
$DF = a_0 + a_1 \frac{X}{X_0} + a_2 \frac{q_{09-01}}{(q_{09-01})_0} + a_3 \frac{L}{L_0} + a_4 \theta_{02}$							
8 (а,б,в)	Оріль,	DF1	-1.40	-20.1	12.4	5.36	0.007
	Самара,	DF2	0.27	-3.22	4.46	-2.77	-0.85
	Вовча	DF3	0.75	-11.5	5.20	-1.67	-0.90
$DF = a_0 + a_1 \frac{X}{X_0} + a_2 \frac{Q_{пв}}{(Q_{пв})_0} + a_3 \frac{L}{L_0}$							
11	Інгул,	DF1	-1.88	-14.4	5.73	6.46	-
	Інгулець, Кодима	DF2	0.82	-11.0	5.08	11.0	-

Примітки:

1) X і X_0 – сумарна кількість максимальних запасів води в сніговому покриві та рідких опадів періоду весняного водопілля ($S_m + X_1 + X_2$) та їх середньобагаторічна величина ($S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}$), мм;

2) $Q_{пв}$ і $(Q_{пв})_0$– середня витрата води і-го місяця перед весняним водопіллям та його середньобагаторічна величина, м^3/с;

3) $q_{09\text{–}0I}$ і $(q_{09\text{–}0I})_0$– середній модуль стоку осінньо-зимового періоду і його середньобагаторічна величина, л/(с·км^2);

4) L_m і L_0 – глибина промерзання ґрунтів і її середньобагаторічна величина, см;

5) θ_{02} - температура повітря лютого, ^{o} С.

б) прогноз модульних коефіцієнтів шарів весняного стоку k_Y здійснюється на дату його складання за регіональними рівняннями

$$k_Y = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X{}^2 + b_3 k_X{}^3 \ , \qquad (3.28)$$

де b_0, b_1, b_2, b_3,… – коефіцієнти полінома при прогнозуванні шарів стоку весяного водопілля на річках, які встановлюють за даними таблиці 3.5 відповідно району приналежності гідрологічного поста і знаку дискримінантного рівняння;

в) здійснюється перехід від прогнозних значень модульних коефіцієнтів шарів стоку k_Y до значень шарів весняного стоку Y_m, мм за рівнянням

$$Y'_m = k_Y \cdot Y_0 \cdot K_{Y_{2012}} \ , \qquad (3.29)$$

де Y_0 - середньобагаторічні величини шарів стоку весняного водопілля, мм;

Таблиця 3.5 - Коефіцієнти прогностичних рівнянь поліномів (3.1) при прогнозуванні шарів стоку весняного водопілля на басейні річок Нижнього Подніпров'я

№ району (підрайону) за рис.3.1	Басейн річки	Умови застосування прогнозних кривих за знаком DF	b0	b1	b2	b3
8а	Оріль	DF1>0;DF3>0	0.0076	0.268	1.741	0.486
		DF1>0;DF3≤0	0.0295	-0.0564	0.875	0.903
		DF1≤0;DF2≥0	-0.0012	0.099	0.50	0.22
		DF1<0;DF2<0	0.00783	-0.17	0.376	0.11
8б	Самара до с.Кочережки	DF1>0;DF3>0	-0.0302	1.26	-0.724	2.894
		DF1>0;DF3≤0	-0.05	1.15	-2.296	2.847
		DF1≤0;DF2≥0	0.0119	-0.298	0.936	-0.03
		DF1<0;DF2<0	0.0195	-0.308	0.538	-0.0375
8в	Вовча	DF1>0;DF3>0	0.076	-0.759	2.87	0.31
		DF1>0;DF3≤0	0.418	-2.614	4.364	-0.868
		DF1≤0;DF2≥0	0.0025	-0.0597	0.279	0.135
		DF1<0;DF2<0	-0.001	-0.072	0.216	-0.0091
11а	Тясьмін	DF1>0	$2.10\cdot10^{-2}$	0.521	-1.43	3.29
11а	Тясьмін	DF1>0	2.10·10-2	0.521	-1.43	3.29
		DF1≤0; DF2≥0	-1.0·10-2	0.70	-2.04	1.91
		DF1<0;DF2<0	-1.9·10-2	0.185	-0.28	0.16
11б	Базавлук, Інгулець	DF1>0	2.10·10-2	0.521	-1.43	3.29
		DF1≤0;DF2≥0	-3.5·10-2	1.02	-2.40	1.79
		DF1<0; DF2<0	-1.4·10-2	0.25	-0.56	0.38

$K_{Y_{2010}}$ - коефіцієнт, враховуючий зміну значень середньобагаторічних величин шарів стоку за період до 2010 р., що отримується за рівнянням (φ в частках град.)

$$K_{Y_{2010}} = 0.97 - 0.017(\varphi^{o} - 50); \qquad (3.30)$$

г) встановлення забезпеченості прогнозованих величин шарів стоку весняного водопілля ведеться за таблицею трипараметричного гама-розподілу С.Н.Крицького і М.Ф.Менкеля (табл. 3.6) за очікуваним k_Y і значеннями коефіцієнтів варіації шарів весняного стоку $(C_v)_Y$ при $C_s = 2.5C_v$.

Забезпеченість прогнозних величин Y_m встановлюється в межах

$$P_1 < P_Y < P_2 \ , \tag{3.31}$$

де P_1 і P_2 – верхня та нижня межі забезпеченості, %.

Результати прогнозів шарів стоку весняного водопілля 2017-2018 р. на дату випуску основного прогнозу 5 березня по 10 опорних водозборах, що мають стокові ряди спостережень.

По запропонованій схемі для річок басейну Нижнього Дніпра за комп'ютерною програмою були складені довгострокові прогнози шарів стоку весняного водопілля 2017-2018 р. у дати, встановлені Гідрометцентром України, тобто 10.02, 20.02, 28.02 та дату S_m – максимального снігонакопичення. Всього було складено 40 прогнозів на різні дати для 10 опорних створів рівнинних річок України.

Формою представлення прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля у поточному році є:

- таблиці очікуваних величин (найбільш ймовірні їх значення, отримані за методикою прогнозу, та інтервал Y_m з урахуванням допустимої похибки прогнозу) та забезпеченості їх настання у багаторічному періоді (табл.3.7) .

Таблиця 3.6 – Три параметрична гама – розподілу

Cs =2.5Cv										
P,%	Cv									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0.001	1.52	2.18	3.05	4.13	5.41	6.90	8.61	10.5	12.6	14.8
0.01	1.44	1.98	2.67	3.49	4.45	5.54	6.76	8.10	9.55	11.1
0.03	1.4	1.88	2.48	3.18	4.00	4.91	5.93	7.02	8.20	9.46
0.05	1.38	1.83	2.39	3.04	3.79	4.62	5.54	6.53	7.59	8.72
0.1	1.35	1.77	2.27	2.85	3.51	4.24	5.04	5.90	6.80	7.76
0.3	1.30	1.66	2.08	2.55	3.07	3.64	4.26	4.91	5.58	6.28
0.5	1.26	1.61	1.99	2.41	2.87	3.36	3.90	4.46	5.03	5.63
1	1.25	1.54	1.86	2.21	2.59	3.00	3.42	3.87	4.32	4.78
3	1.20	1.42	1.65	1.90	2.15	2.42	2.69	2.96	3.23	3.50
5	1.17	1.35	1.55	1.74	1.95	2.15	2.35	2.55	2.75	2.94
10	1.13	1.26	1.40	1.53	1.68	1.78	1.90	2.01	2.12	2.22
20	1.08	1.16	1.23	1.30	1.36	1.41	1.45	1.49	1.52	1.54
25	1.07	1.12	1.18	1.22	1.26	1.28	1.31	1.32	1.33	1.33
30	1.05	1.09	1.13	1.15	1.17	1.18	1.18	1.18	1.17	1.16
40	1.02	1.04	1.04	1.04	1.03	1.01	0.99	0.962	0.930	0.895
50	0.997	0.984	0.964	0.938	0.903	0.870	0.83	0.787	0.742	0.695
60	0.972	0.935	0.893	0.847	0.797	0.745	0.692	0.639	0.596	0.533
70	0.945	0.885	0.822	0.758	0.693	0.629	0.537	0.506	0.449	0.395
75	0.931	0.858	0.785	0.712	0.640	0.571	0.506	0.443	0.385	0.332
80	0.915	0.83	0.745	0.663	0.585	0.512	0.441	0.381	0.324	0.272
90	0.875	0.757	0.648	0.549	0.459	0.381	0.310	0.250	0.198	0.155
95	0.843	0.702	0.576	0.467	0.373	0.293	0.227	0.172	0.128	0.093
97	0.823	0.667	0.533	0.420	0.325	0.247	0.184	0.134	0.095	0.065
99	0.784	0.606	0.459	0.341	0.246	0.175	0.120	0.080	0.052	0.032

Таблиця 3.7 – Очікувані шари стоку (мм) весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра (ДВП 5 березня 2018 р.)

Код поста	Річка	Пункт	Очікуване значення шару стоку	Р%	δдоп, мм
80473	Оріль	смт Царічанка	13	80-90	19
80486	Самара	с.Кочережки	5,6	70-75	8
80505	Вовча	смт Васильківка	2,3	80-90	13
80513	Мокри Яли	смт Грушевський	0,77	60-70	9
80518	Гайчур	с.Андрїєвка	1,1	75-80	12
80395	Тясмін	с.В.Яблонівка	0,92	97-99	11
80551	Базавлук	с.Єкатерино-Наталівка	0,22	97-99	8
80561	Інгулець	с.Олександро-Степанівка	0,99	97-99	20
80568	Інгулець	м.Кривий Ріг	3,24	80-90	12
80571	Інгулець	с.Могилівка	0,40	97-99	11

Продовження таблиці 3.7

Інтервал очікуваних значень (-δдоп,мм)	Інтервал очікуваних значень (+δдоп,мм)	Шар стоку у 2017 р.	Багаторічні характеристики		
			найбільший	середній	найменший
0	32	13	110	27	0,5
0	14	10	48	12	1,1
0	15	-	86	13	1,1
0	10	-	73	6,4	0,8
0	13	-	78	11	0,6
0	12	-	77	23	3,9
0	8,2	-	44	11	0,7
0	21	-	105	33	1,4
0	14	-	89	18	0,4
0	11	-	80	20	0,3

- картосхеми розподілу по території очікуваних модульних коефіцієнтів k_Y та їх забезпеченості у багаторічному розрізі Р %, що відносяться до геометричних центрів водозборів і проведення ізоліній комп'ютерними засобами на основі аналізу гідрометеорологічної ситуації на водозборах. Приклад таких картосхем для спрогнозованих по запропонованій методиці довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля 2017 - 2018 р. в басейні річок Нижнього Подніпров'я наведений на рис. 3.4 та рис. 3.5.

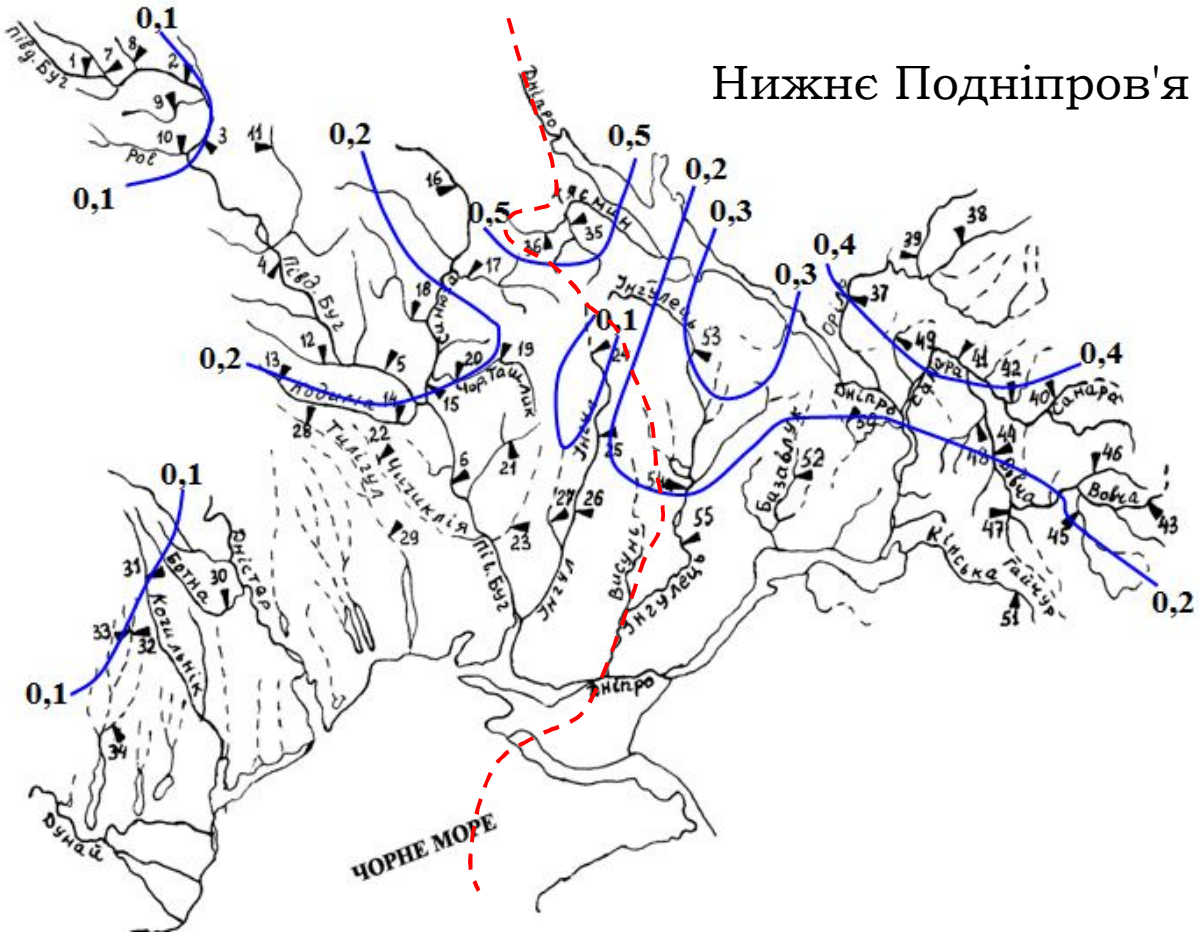

Рисунок 3.4 – Розподіл прогнозних величин модульних коефіцієнтів шарів стоку весняного водопілля 2017-2018 року (на дату 20.02) в басейнах річок Нижнього Подніпров'я

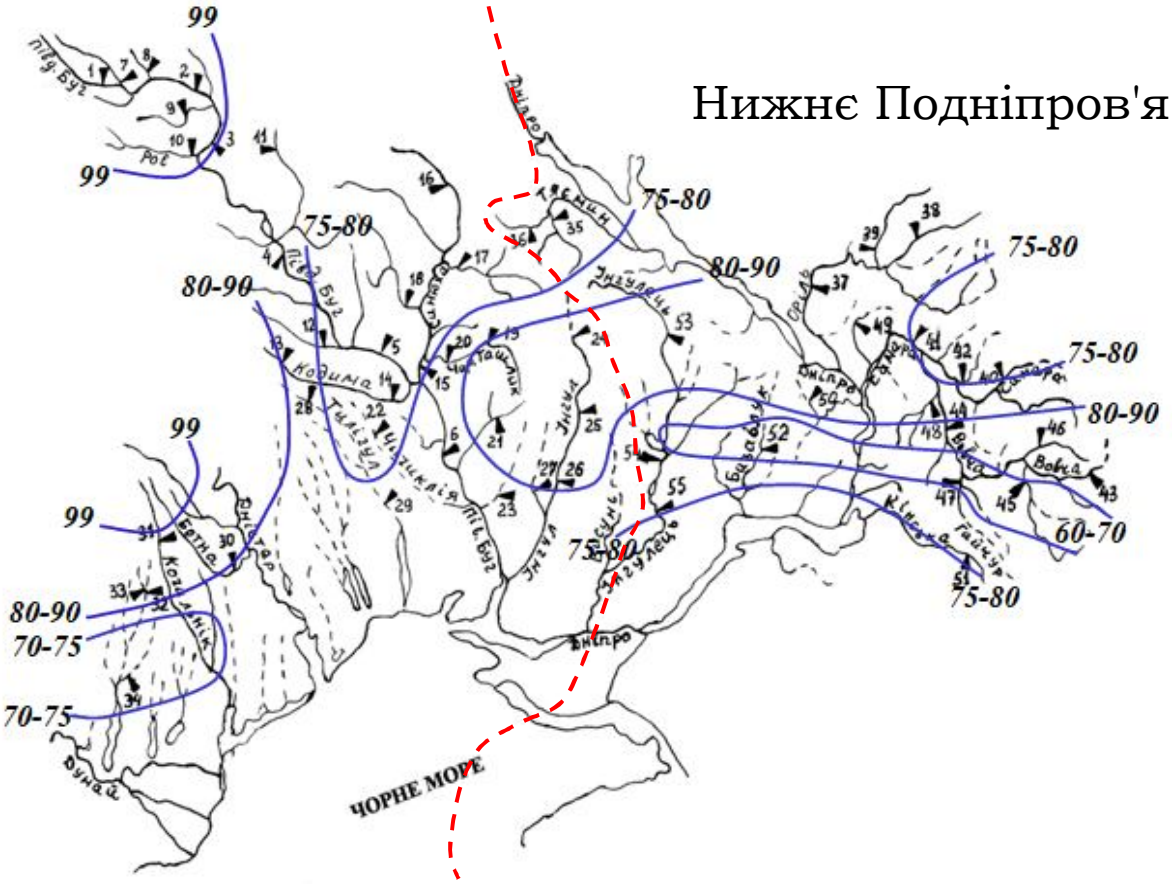

Рисунок 3.5 – Розподіл забезпеченостей прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля 2017-2018 року (P_Y %) (на дату20.02) в басейнах річок Нижнього Подніпров’я

Карта-схеми показують, що величини змінюються від 0,10 до 0,50 (для модульних коефіцієнтів шарів стоку)та 60-99 % (забезпеченостей прогнозних значень весняного водопілля шарів стоку).

Оцінка якості довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля виконується шляхом визначення похибки прогнозу δ та в частках від допустимої похибки, тобто $\delta / \delta_{доп}$.

Величина похибки прогнозу δ визначається за рівнянням

$$\delta = Y_m - Y'_m \quad , \tag{3.32}$$

де Y_m і Y'_m – спостережене і прогнозне значення шарів стоку весняного водопілля, мм;

Прогноз вважається справджуваним, якщо відношення $\delta / \delta_{доп} \leq 1.0$.

Результати оцінки довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля 2018 р. по опорних створах території наведені у табл. 3.8.

За даними Українського гідрометцентру ДСНС України (http://meteo.gov.ua) гідрометеорологічна ситуація за осінній, зимовий та весняний періоди у басейнах річок Дніпра характеризувалася наступним чином:

1.**Перша половина зими 2017-2018 рр. була аномально-теплою.** Середня за грудень *температура повітря* була позитивною (1-3°С тепла) і на 3-7°С вищою за норму. 17-23 грудня спостерігалося короткочасне похолодання до 2-6°С морозу, встановився невисокий сніговий покрив (переважно до 20 см), який, внаслідок наступного потепління, швидко розтанув.

2.Стійкий перехід температури повітря через 0°С в сторону від'ємних значень відбувся лише 8 січня (на 1,5 місяця пізніше середніх строків)одночасно по усій території басейну. Зимовий режим погоди перервався 28 січня - 2 лютого короткою інтенсивною відлигою (температура повітря підвищувалася до 3-6°С, в західному регіоні до 10°С тепла).

3.Кількість опадів за листопад – грудень була близькою та вищою за середні показники, на півдні та південному сході 40-90 мм. Більша частка опадів була у вигляді дощу, що (разом із таненням снігового покриву в кінці грудня) обумовило загальне підвищення водності більшості річок після періоду пониженої літньо-осінньої межені.

Такі погодні умови зими визначили нестабільне і нерівномірне снігонакопичення, неглибоке промерзання ґрунту, збільшення запасів вологи у ньому, порівняно з осіннім періодом, формування підвищеної водності річок, пізні строки льодоутворення, яке супроводжувалося заторно-зажорними явищами.

За даними снігозйомок з початку стійкого холодного періоду до 5 березня в середньому по водозбору Дніпра висота змінюється від 10 до 50 см, запаси

води у ньому зменшуються у напрямку з північного сходу на південь і південний захід: від 80-100 мм (верхів'я Верхнього Дніпра і Десни) до 60-80 мм (середні частини басейнів Верхнього Дніпра, Десни) та 15-40 мм у басейні Прип'яті.

Підстильна поверхня характеризувалася достатнім зволоженням метрового шару ґрунту (близько та більше за норму) та неглибоким його промерзанням (менше норми). За вимірами 28 лютого ґрунт промерз до глибини 5-15 см у верхів'ях Дніпра та на нижніх ділянках басейну В.Дніпра, на решті території басейну Дніпра до Києва до 20-35 см.

Слід зазначити, що протягом березня майже до його закінчення (31.03.2018 р.) в басейні Дніпра спостерігалося накопичення запасів води в сніговому покриві. Максимальні снігозапаси в різних частинах басейну були відмічені 20-31 березня 2018 року і змінювалися з північного сходу на південь і південний захід від 80-133 мм.

В роботі побудовані комплексні графіки ходу гидрометеорологічних елементів весняного водопілля 2017-2018 р. (за даними Укр ГМЦ, що сформовані в автомотизованій базі даних АРМ-гідро), які представленні на рис. 3.6 Та 3.7 Як показують графіки у поточному році на річках спостерігалося виражене весняне водопілля. На р.Самара – с. Кочережки у 2017-2018 р. весняне водопілля формувалося двома хвилями підйому рівня води.

Рисунок 3.6 - Комплексний графік гідрологічних характеристик р.Оріль – с.Царичанка 2017-2018 р.

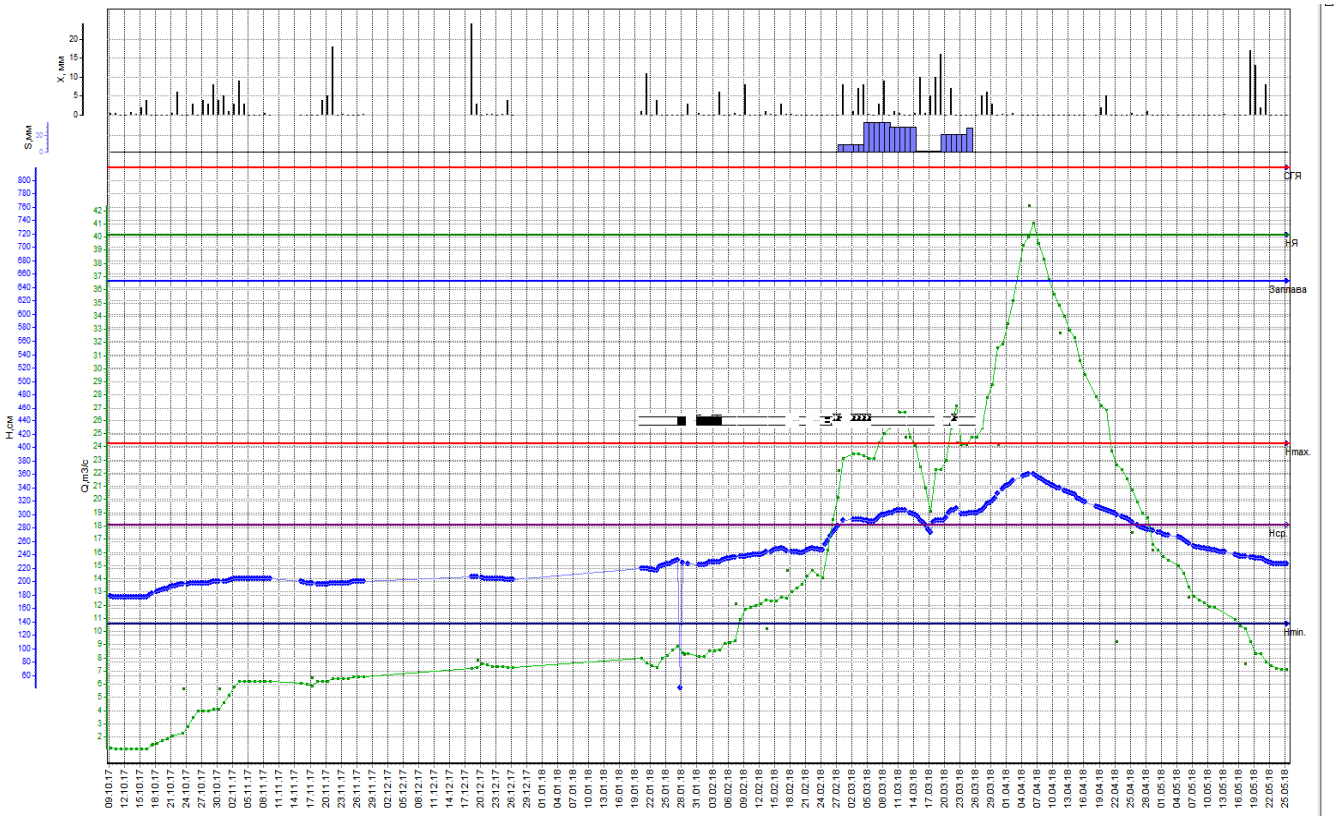

Рисунок 3.7 - Комплексний графік гідрологічних характеристик р.Самара – с. Кочережки 2017-2018 р.

Оцінка довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля здійснюється шляхом визначення похибки прогнозу δ (мм чи м^3/с) та в частках від допустимої похибки $\delta_{доп}$ (мм або м^3/с), яка визначається за багаторічним рядом шарів весняного стоку водопілля. Прогноз вважається справджуваним, якщо відношення $\delta / \delta_{доп} \leq 1.0$. Результати оцінки довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра наведені в табл. 3.8. Перевірні прогнози шарів весняного стоку в басейнах річок Оріль і Самара є справджуваними.

Таблиця 3.8 – Оцінка прогнозу шарів стоку весняного водопілля

Річка-пост	$(kY_m)_{пр}$	$(Y_m)_{пр}$, м^3/с	$(Y_m)_{сп}$, м^3/с	δ, м^3/с	$\delta_{доп}$, м^3/с	$\delta/\delta_{доп}$	*P*%
Оріль-смт Царичанка	0,47	13	23	10	13	0,78	80-90
Самара-с.Кочеріжки	0,47	5,6	7,5	2	7	0,27	70-75

3.1.2 Схема складання прогнозів шарів стоку весняного водопілля за наявності картосхем очікуваних модульних коефіцієнтів та їх ймовірності настання

За наявності картосхем спрогнозованих за розробленою методикою модульних коефіцієнтів шарів весняного стоку $k_Y = Y_m/Y_0$ та ймовірності їх настання у багаторічному розрізі P_Y %, які складаються у кожному році, можливі два варіанти випуску прогнозу: за наявності даних гідрологічних спостережень на водозборі та за їх відсутності

З картосхеми модульних коефіцієнтів шарів весяного стоку k_Y (наприклад для 2017 - 2018 (рис. 3.4) знімаються по геометричних центрах

водозборів розглядуваної території очікувані значення модульних коефіцієнтів шарів стоку водопілля. Прогнозна величина шарів стоку Y_m (мм) буде дорівнювати

$$Y'_m = k_Y \cdot Y_0 \cdot K_{Y2010}, \tag{3.33}$$

де Y_0 - середньобагаторічні величини шарів стоку весняного водопілля, мм;

K_{Y2010} - коефіцієнт, враховуючий зміну значень середньобагаторічних величин шарів стоку за період до 2010 р., що отримується за рівнянням (φ в частках град.)

$$K_{Y_{2010}} = 0.97 - 0.017(\varphi^o - 50). \tag{3.34}$$

Випуск прогнозу тут пов'язаний з визначенням середньобагаторічної величини Y_0, що за наявності на річках рядів стокових вимірів розраховується безпосередньо по даних за стоком води Y_i за n років спостережень, за формулою

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i}{n}. \tag{3.35}$$

За відсутності або при коротких часових гідрологічних рядах спостережень на річках середньобагаторічна величина шарів стоку Y_0, як і k_Y знімається з відповідної картосхеми (рис.3.4) по геометричних центрів водозборів.

Отримати значення Y_0, використовуючи картосхему, можна за рівнянням

$$Y_0 = (Y_0)_{карт} \cdot k_л k_б, \tag{3.36}$$

де $(Y_0)_{карт}$ - значення середньобагаторічних величин шарів весняного стоку, що зняті з картосхеми (рис. 3.4) для геометричних центрів водозборів, мм.

Значення коефіцієнтів впливу залісеності і заболоченості на середньобагаторічні величини шарів стоку визначаються за рівняннями:

$$k_б = 1 - 0.081 \cdot \lg(f_б + 1); \tag{3.37}$$

$$k_л = 1 + 0.070 \cdot \lg(f_л + 1). \tag{3.38}$$

Для регіону, де спостереження на річках взагалі відсутні (у межах Північно-Західного Причорномор'я) середньобагаторічні значення шарів весняного стоку визначаються по залежності їх від географічної широти водозборів (φ в частках град.)

$$Y_0 = 33.0 \cdot exp[0.32(\varphi^o - 50)]. \tag{3.39}$$

Для оцінювання повторюваності прогнозного значення Y_m по картосхемі ймовірностей територіального прогнозу шарів стоку (рис. 3.5) знаходиться величина забезпеченості P_Y% для будь-яких річок розглядуваної території, незалежно від стану їх гідрологічної вивченості. Величина P_Y% знімається з відповідної картосхеми для геометричних центрів тяжіння водозборів рівнинних річок України.

Таким чином, оцінити величини шарів стоку весняного водопілля у поточному році можна для будь-якої річки розглядуваної території, незалежно від наявності гідрологічної інформації на ній.

3.2 Методичні рекомендації щодо довгострокових просторових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля

3.2.1 Результати прогнозів максимальних витрат і рівнів води весняного водопілля, їх представлення та оцінка.

По запропонованій схемі для річок півдня України за комп'ютерною програмою був складені довгострокові прогнози максимальних витрат води весняного водопілля 2017-2018 р. у дати, встановлені гідрометцентром України (10.02, 20.02, 28.02 та дату максимального снігонакопичення). Всього було складено, 40 прогнозів на різні дати для 10 опорних створів рівнинних річок країни.

Результати прогнозів максимальних витрат і рівнів води на дату випуску основного прогнозу (20 лютого) по 10 опорних водозборах, що мають стокові ряди спостережень.

Форма представлення прогнозних величин максимальних витрат та рівнів води весняного водопілля на річках півдня України (у поточному 2017 р. році) це:

- таблиці очікуваних величин (найбільш ймовірного їх значення, отриманого за методикою прогнозу та інтервал Q_m і H_m з врахуванням допустимої похибки прогнозу) та забезпеченості їх настання у багаторічному періоді (табл. 3.9);
- картосхеми просторового розподілу прогнозних значень максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля k_q та їх забезпеченості P_Q% в басейнах річок території, що будуються шляхом віднесення цих величин до геометричних центрів опорних водозборів і проведення ізоліній при аналізі гідрометеорологічної ситуації на водозборах. Для весняного водопілля 2017-2018 р. в басейнах рівнинних річок України картосхеми прогнозних максимальних модульних коефіцієнтів та ймовірності їх настання у

багаторічному розрізі (при складанні прогнозу в дату основного прогнозу – 20 лютого) наведені на рис. 3.8 та рис. 3.9.

Оцінка якості довгострокових прогнозів максимальних витрат та рівнів води весняного водопілля виконується шляхом визначення похибки прогнозу δ та в частках від допустимої похибки – $\delta / \delta_{доп}$.

Величина похибки прогнозу δ визначається за рівняннями:

- для максимальних витрат води

$$\delta = Q_m - Q'_m \tag{3.40}$$

- для максимальних рівнів води

$$\delta = H_m - H'_m \tag{3.41}$$

де Q_m (H_m) і Q'_m (H'_m) – відповідно спостережені і прогнозні значення максимальних витрат та рівнів води весняного водопілля.

Прогноз вважається справджуваним, якщо відношення $\delta / \delta_{доп} \leq 1.0$.

Результати оцінки прогнозів для річок, по яких були отримані спостережені максимальні витрати води. Вирішальними факторами висоти водопілля у поточному році, зважаючи на значні запаси снігу, були: неглибоке промерзання ґрунту, перериви в інтенсивності наростання тепла та кількість рідких опадів, що в період сніготанення були близькими та меншими за норму. При цьому значення максимальних витрат та рівнів води водопілля 2017-2018 р. були різними – див.табл. 3.10.

Рисунок 3. 8 – Розподіл прогнозних величин модульних коефіцієнтів витрат стоку весняного водопілля 2017-2018 року (на дату 20.02) в басейнах річок Нижнього Подніпров’я

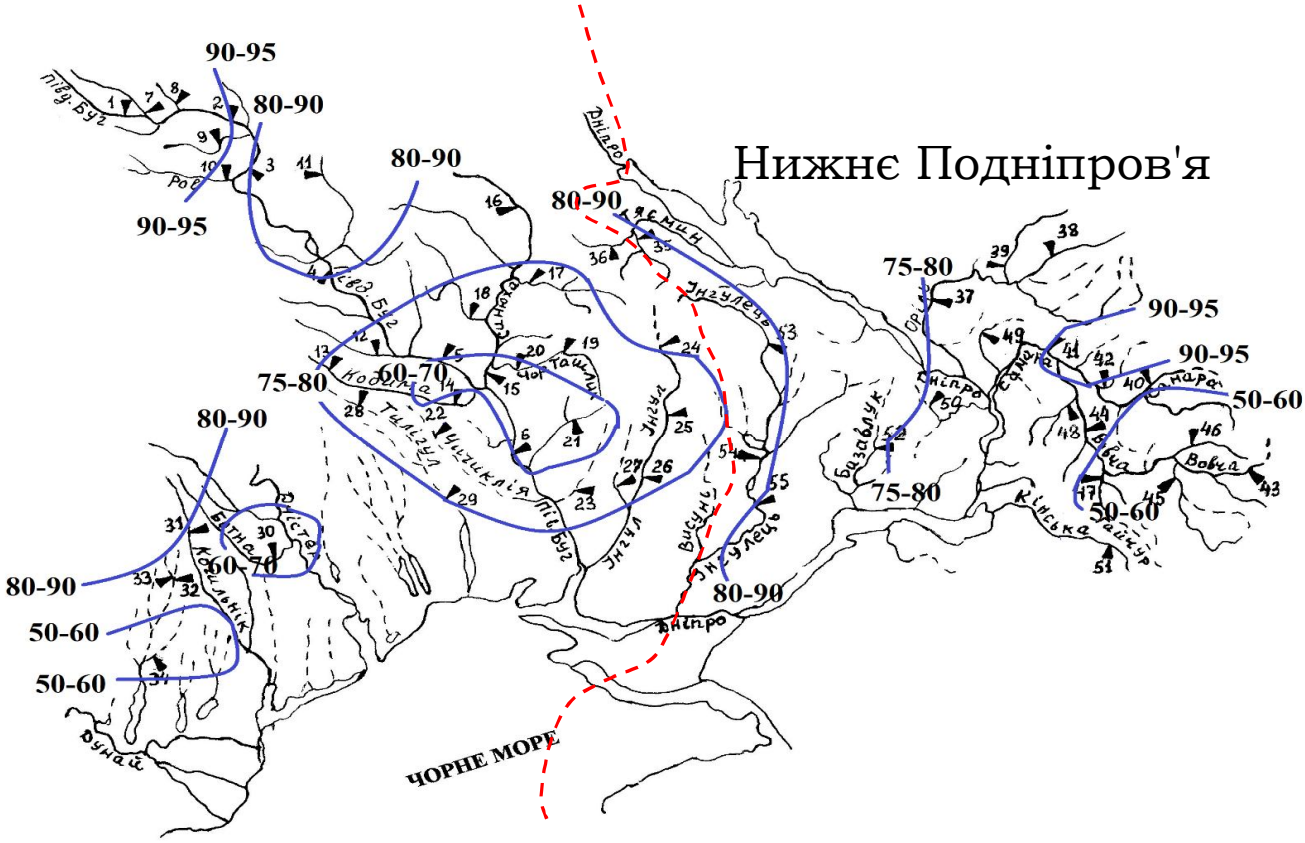

Рисунок 3.9 – Розподіл забезпеченостей прогнозних значень максимальних витрат води весняного водопілля 2017-2018 року (P_{Qm}) (на дату 20.02) в басейнах річок Нижнього Подніпров’я

Таблиця 3.9 – Очікувані витрати води весняного водопілля на басейнах приток Нижнього Дніпра

Код поста	Річка	Пункт	Очікуване значення Q_m	P%	Допустима похибка, $\delta_{доп}$
80473	Оріль	смт Царічанка	52,0	80-90	116
80486	Самара	с.Кочережки	34,0	90-95	64,8
80505	Вовча	смт Васильківка	35,0	50-60	232
80513	Мокри Яли	смт Грушевський	5,80	50-60	49,4
80518	Гайчур	с. Андрієвка	5,47	50-60	62,9
80395	Тясмін	В.Яблунівка	5,11	90-95	39
80551	Базавлук	с.Єкатерино-Натальївка	1,76	80-90	22,6
80561	Інгулець	с.Олександро-Степанівка	4,89	90-95	50,3
80568	Інгулець	Кривий Ріг	25,6	75-80	136
80571	Інгулець	Могилівка	25,8	80-90	135

Продовження таблиці 3.9

Інтервал очікуваних значень		Максимальні витрати води у 2017 р.	Багаторічні характеристики		
			найбільша	середня	найменша
-	+				
0	168	18	800	159	7,45
0	98,8	50	867	126	9,39
0	267	-	2260	140	7,38
0	55,2	-	365	32,2	0,86
0	68,4	-	558	36,5	0,61
0	44,1	-	260	51,1	2,79
0	24,4	-	152	25,2	0,34
0	55,2	-	330	54,3	1,16
0	161	-	1110	183	1,33
0	161	-	851	184	1,12

Карта-схеми показують, що величини змінюються від 0,10 до 0,25 (для модульних коефіцієнтів максимальних витрат води) та 50-95 % (забезпеченостей прогнозних значень весняного водопілля для максимальних витрат води).

Оцінка довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля здійснюється шляхом визначення похибки прогнозу δ (мм чи м^3/с) та в частках від допустимої похибки $\delta_{доп}$ (мм або м^3/с), яка визначається за багаторічним рядом максимальних витрат води водопілля. Прогноз вважається справджуваним, якщо відношення $\delta / \delta_{доп} \leq 1.0$ (табл. 3.9).

Таблиця 3.10 – Оцінка прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля

Річка-пост	$(kQ_m)_{пр}$	$(Q_m)_{пр}$,м^3/с	$(Q_m)_{сп}$,м^3/с	δ,м^3/с	$δ_{доп}$,м^3/с	$δ/δ_{доп}$	P%
Оріль	0,33	52,5	76,0	24	116	0,20	80-90
Самара	0,27	34,0	41,1	7	64,8	0,11	90-95

Прогнозні величини максимальних витрат та рівнів води весняного водопілля 2018 р., складені за розробленою методикою на дату їх випуску 20 січня для басейну Нижнього Подніпров’я.

Завчасність прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля 2018 р. в різні дати складання прогнозів складала 15-25 і більше за умови розвитку весняного сніготанення на річках розглядуваної території.

3.2.2 Схема довгострокового прогнозування максимальних витрат води по картосхемах прогнозних модульних коефіцієнтів та їх забезпеченості

За наявності картосхем очікуваних модульних коефіцієнтів $k_q = q_m / q_o$ та їх ймовірностей P_Q%, які складаються у регіональних відділах гідрологічних прогнозів, можливі два варіанти випуску прогнозу: за наявності даних гідрологічних спостережень на водозборах або за їх відсутності.

З картосхеми модульних коефіцієнтів максимальних витрат води (наприклад, для 2018 р. рис. 3.8) знімається (по геометричних центрах водозборів) пошукові значення модульних коефіцієнтів k_q. Прогнозні величини максимальних витрат води Q_m, м^3/с будуть дорівнювати

$$Q'_m = k_q \cdot q_0 \cdot K_{Q_{2010}} \cdot F, \tag{3.42}$$

де F – площа водозбору, км^2;

$K_{Q_{2010}}$ – коефіцієнт, раховуючий зміну значень середньобагаторічних величин максимальних витрат води за період до 2010 р., що отримується за рівнянням (φ в частках град.)

$$K_{Q_{2010}} = 0.92 - 0.022(\varphi^o - 50); \tag{3.43}$$

q_0 - норма максимального модуля водопілля, м^3/(с·км^2), яка визначається для кожної конкретної річки за часовими рядами спостережень на ній за

$$q_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{m_i}}{nF}, \tag{3.44}$$

де Q_{m_i} - максимальні витрати води водопілля і-х років за період спостережень n, м^3/с.

За обмеженості або відсутності часових гідрологічних спостережень на річках середньобагаторічне значення максимального модуля весняного водопілля q_0, м^3/(с·км^2) встановлюються за моделлю редукційних типових гідрографів водопіль за рівнянням

$$q_0 = q_0' \psi(t_p / T_0) \varepsilon_F \cdot r \tag{3.45}$$

і практичних рекомендаціях до визначення його параметрів.

І так, середньобагаторічний модуль максимальних витрат води схилового припливу q'_0, м^3/(с·км^2) в (3.45), визначається в рамках редукційних гідрографів

$$q_0' = 0.28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_0, \tag{3.46}$$

де (п+1)/п - коефіцієнт нерівномірності схилового припливу у часі, що приймається для басейнів рівнинних річок України на рівні 8.0;

T_0 – тривалість схилового припливу, год;

Y_0 – середньобагаторічний шар стоку, мм.

За відсутності або при коротких часових гідрологічних рядах спостережень на річках середньобагаторічна величина шарів стоку Y_0 в (3.46) знімається з відповідної картосхеми по геометричних центрів водозборів. Отримати значення Y_0, використовуючи картосхему, можна за рівнянням

$$Y_0 = (Y_0)_{карт} \cdot k_л k_б \,, \tag{3.47}$$

де $(Y_0)_{карт}$ - значення середньобагаторічних величин шарів весняного стоку, що зняті з картосхеми (рис. 3.4) для геометричних центрів водозборів, мм.

Значення коефіцієнтів впливу залісеності і заболоченості на середньобагаторічні величини шарів стоку визначаються за рівняннями:

$$k_б = 1 - 0.08\lg(f_б + 1)\,; \tag{3.48}$$

$$k_л = 1 + 0.098\lg(f_л + 1)\,. \tag{3.49}$$

де $(Y_0)_{карт}$ - середньобагаторічні значення шарів весняного стоку, зняті з картосхеми (рис. 3.2) для геометричних центрів водозборів річок, мм.

Визначення тривалості схилового припливу тало-дощової води на водозборах T_0 в (3.45) для невивчених у гідрологічному відношенні річок можуть бути визначені за картосхемою їх розподілу по території (рис. 3.2) при введенні поправочних коефіцієнтів на урахування впливу місцевих факторів – залісеності і заболоченості:

$$k'_л = 1 + 0.37\lg(f_л + 1)\,; \tag{3.50}$$

$$k'_б = 1 + 1.23\lg(f_б + 1)\,. \tag{3.51}$$

Отримати значення T_0, використовуючи картосхему (рис. 2.2) , можна за рівнянням

$$T_0 = (T_0)_{карт} \cdot k'_л k'_б, \qquad (3.52)$$

де $(T_0)_{карт}$ - значення тривалості схилового припливу води, які зняті з картосхеми[3] для геометричних центрів водозборів річок.

Для оцінювання ймовірності прогнозного значення Q_m з картосхеми ймовірностей територіального прогнозу максимальних витрат води водопілля (рис. 3.9) знаходиться величина забезпеченості P_Q%.

Таким чином, оцінити величину максимальних витрат води весняного водопілля у даному році представляється для будь-якої річки розглядуваної території, навіть за відсутності гідрологічної інформації на ній або у цілому регіоні.

Доповідачем здійснено апробацію роботи – у чотирьох наукових конференціях з публікацією тез доповідей (2017 рр.) [17-21], представлено на чисельних наукових студентських семінарах кафедри гідрології суші «Актуальні проблеми гідрології та шляхи їх вирішення» (2016-2018 рр.).

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі виконана просторова прогностична оцінка характеристик стоку весняного водопілля в басейнах річок території Нижнього Подніпров'я. Результати роботи можна представити в наступному висновку:

1. Проаналізовані умови формування весняного водопілля в басейні річок Нижнього Подніпров’я розташованих на південному сході України, які характеризуються нестійкими умовами сніготанення, при снігонакопиченні весняне водопілля характеризується на річках, як найбільш багатоводна фаза.

2. Викладені основні положення територіального методу для довгострокового прогнозування шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля на основі діагнозу очікуваної весни, що заснований на передчасному встановленні типу водності за комплексом гідрометеорологічних факторів. Формою представлення є картосхема модульних коефіцієнтів прогнозних величин та ймовірності їх настання в багаторічному розрізі.

3. За оперативними даними Українського гідрометцентру по снігових запасах, опадах, температурі повітря, рівнях та витратах води на річках був складений прогноз шарів стоку та витрат води весняного водопілля в басейнах річок Нижнього Подніпров’я.

4. Відповідно весняне водопілля спостерігалося у березні на території річок Нижнього Подніпров'я.

5. Спрогнозовані характеристики весняного водопілля 2017-2018р. у вигляді модульних коефіцієнтів шарів стоку та максимальних витрат води, та їх забезпеченості представлені у картографічному вигляді.

6. Карта-схеми показують, що величини модульних коефіцієнтів шарів стоку та для максимальних витрат води змінюються від 0,10 до 0,50 та забезпеченостей прогнозних величин весняного водопілля 50-90 %.

7. Здійснена оцінка прогнозу максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля (*δ/δдоп*), яка за максимальними витратами змінюється від 0,11 до 0,20, за шарами стоку - від 0,27 до 0,78. Це свідчить проте що прогноз є справджуваним, оскільки $\delta \leq \delta$доп.

8. Автором здійснено апробацію роботи – у чотирьох наукових конференціях (з них 1 – міжнародна, 3 – університетські) з публікацією тез доповідей (2017 рр.).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР Т.6. Украина Молдавия. Вып.2. Среднее и нижнее Поднепровье / Под ред.. М. С. Кагера. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 656с.

2. Електронний атлас України, Київ 2011р., 52с.

3. Клімат України / За ред. В.М.Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – Київ: Вид-но Раєвського, 2003. 343 с.

4. Степаненко С.М. Динаміка та моделювання клімату: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Одеса: Екологія, 2013. 204 с.

5. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assesment Report // The challenges of climate change: The outcomes of IPCC WGI. Thomas Stocher. Co-Chair IPCC Working Group I. University of Bern, Switzerland.

6. Кліматичний кадастр України (6ч.). Державна гідрометеорологічна служба. К: 2006, електронний ресурс.: climate_cgo@inbox.ru.

7. Шакірзанова Ж. Р. Довгострокові гідрологічні прогнози: Конспект лекції. – Одеса: Вид-во ТЕС ,2010. 154с.

8. Аполлов Б. А., Калінін Г. П., Комаров В. Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 419с.

9. Бефани Н. Ф., Калинин Г. П. Упражнения и методические разроботки по гидрологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 390с.

10. Гопченко Є. Д., Шакірзанова Ж.Р. Розрахунки та довгострокові пргнози характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р.Припять: монографія.– Одеса:Екологія, 2011. 336с.

11. Гопченко Е. Д., Шакирзанова Ж. Р., Пометкова М. А. Научно – методические подходы к разроботке территориальных долгострочных прогнозов слоев стока весеннего половодия// Метеорологія, кліматологія та гідрологія. Одеса. -2020. – Вип. 46 с. 309-314.

12. Пановский Г. А., Брайнер Г. В. Статистические методі в метеорологи. – Л.: Гидрометеоиздат, 1967. 242 с.

13. Гопченко Е. Д. , Шакирзанова Ж. Р. Територіальное долгострочное прогнозирование максимальніх расходов воді весеннего половодия: Учебное пособие. – К.: КНТ, 2005. 240с.

14. Гинзбург Б. М., Борщ С. В. , Ефремова Н. Д., Сильницкая М. И., Полякова К. Н. Методі долгострочного и среднестрочного прогноза сроков прохождения максимального уровня вевеннего половодия на реках европейской територии Росии // Метеорология и гідрологія. -2002.- №11. С. 81-82.

15. Гопченко Е. Д., Гушля А. В. Гидрология с основами мелиорации.- Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 302 с.

16. Пособие по опредилению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 448 с.

17. Рудкіна А.Ю., Проточенко А.І. – Просторові довгострокові прогнози стоку весняного водопілля в басейні Південного Бугу та території Нижнього Подніпров'я/ Збірник статей за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ 6 - 15 квітня 2016. Одеськ.держ. екол-ний ун-т. / с. 96-101.

18. Рудкіна А.Ю., Проточенко А.І. – Водний режим весняного водопілля в басейні Південного Бугу та території Нижнього Подніпров'я/ Збірник статей за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ 6 - 10 квітня 2015. Одеськ.держ. екол-ний ун-т. 2014 / с. 112-115

19. Рудкіна А.Ю. Здійснення транскордонного моніторингу поверхневіх вод та шляхи його удосконалення Збірник тез за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ 6 - 15 квітня 2016. – Одеса / с.149-150

20. Рудкіна А.Ю. – Просторова прогностична оцінка характеристик стоку весняного водопілля в басейнах річок території Нижнього Подніпров'я /Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ – Х.: ФОП Панов А.М., 2017 / с. 103

21. .Рудкіна А.Ю. Територіальні довгострокові прогнози характеристик весняного водопілля басейну Нижнього Подніпров'я Матеріали V Міжнародної науковій конференції молодих вчених "Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування" ХНУ ім. В.Н. Каразіна 29-30 листопада 2017р