

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут  
Кафедра гідрології суші

**Магістерська кваліфікаційна робота**

на тему: Методика попередньої прогностичної оцінки небезпек  
повеней для суббасейну Нижнього Дніпра в рамках ВРД ЄС та ВПД ЄС

Виконав магістр 2-го року навчання  
групи МГ- 2  
спеціальності 103 «Науки про Землю»  
освітньо-наукової програми «Гідрологія»  
Рудика Анна Миколаївна

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

Консультант \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Рецензент д-р геогр. наук, професор  
Лобода Наталія Степанівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Гідрометеорологічний інститут  
Кафедра гідрології суші  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 103 «Науки про Землю»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри гідрології суші  
д-р геогр. наук, проф. Шакірзанова Ж.Р.  
“ 11 ” березня 2019 року

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

Рудикі Анні Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методика попередньої прогностичної оцінки небезпек повеней для суббасейну Нижнього Дніпра в рамках ВРД ЄС та ВПД ЄС  
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 “05” жовтня 2018 року №271-С

2. Строк подання студентом роботи 10 травня 2019 р.
3. Вихідні дані до роботи матеріали спостережень мережі гідрометслужби за даними Українського гідрометцентру, що отримані при використанні автоматизованої системи АРМгідро (запаси води в сніговому покриві, опади, температура повітря, глибини промерзання ґрунтів, витрати і рівні води в річках) в суббасейні Нижнього Дніпра.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Основні вимоги і положення ВРД ЄС і ВПД ЄС в управлінні водними ресурсами. 2. Коротка фізико-географічна характеристика суббасейну Нижнього Дніпра. 3. Теоретичні основи методу довгострокового прогнозування максимального стоку річок. 4. Реалізація методу територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра. 5. Картографічне представлення прогнозних характеристик з метою попередньої прогностичної оцінки небезпек повеней в рамках ВПД ЄС. 6. Оцінка довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля річок.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Карто-схеми: гідрографічне районування району річкового басейну Дніпра, карто-схеми рельєфу, ґрунтів, рослинності; комплексні графіки ходу гідрометеорологічних характеристик; розташування гідрологічних постів та метеорологічних станцій в басейні Дніпра; розподіл по території середньобагаторічних величин шарів стоку весняного водопілля та

тривалості схилового припливу тало-дощової води; розподіл прогнозних величин модульних коефіцієнтів шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля та їх забезпеченостей.

#### 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 11 березня 2019 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вступ	11.03-17.03.2019	92	відмінно
2	Основні вимоги і положення ВРД ЄС і ВПД ЄС в управлінні водними ресурсами	18.03-24.03.2019	97	відмінно
3	Коротка фізико-географічна характеристика суббасейну Нижнього Дніпра	25.03-31.03.2019	95	відмінно
4	Теоретичні основи методу довгострокового прогнозування максимального стоку річок	01.04-07.04.2019	95	відмінно
	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>08.04-14.04.2019</b>		
5	Реалізація методу територіальних довгострокових прогнозів шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра	15.04-21.04.2019	95	відмінно
6	Попередня прогностична оцінка небезпек повеней для суббасейну Нижнього Дніпра в рамках ВПД ЄС	22.04-28.04.2019	96	відмінно
7	Оформлення роботи	29.04-09.05.19		
8	Перевірка на плагіат, підписання авторського договору	10.05-13.05.19		
9	Підготовка доповіді, презентації	13.05-24.05.19		
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		95	відмінно

Студент \_\_\_\_\_ Рудика А.М.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Шакірзанова Ж.Р.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Магістерська робота на тему «Методика попередньої прогностичної оцінки небезпек повеней для суббасейну Нижнього Дніпра в рамках ВРД ЄС та ВПД ЄС». Рудики А.М.

**Актуальність теми.** З метою захисту оцінки та управління ризиками при проходженні весняних водопіль річок актуальною є попередня прогностична оцінка характеристик максимального весняного стоку та строків їх настання.

**Мета і завдання дослідження.** Використання наукового методу територіального довгострокового прогнозу характеристик весняного водопілля на основі встановлення типу водності весни в річковому басейні; реалізація методу територіального довгострокового прогнозу характеристик весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра.

**Об'єктом і предметом дослідження** є вивчення умов формування і прогнозування характеристик стоку в період весняного водопілля в басейні Нижнього Дніпра та оцінка можливих небезпек від затоплення територій дотримуючись основних положень ВРД ЄС.

**Методами досліджень** є теоретичний аналіз, математичне моделювання, дискримінантний аналіз, картографічне узагальнення.

**Очікувані результати.** Методика попередньої прогностичної оцінки небезпек повеней для суббасейну Нижнього Дніпра в рамках ВРД ЄС та ВПД ЄС.

**Новизна роботи** пов'язана з оцінкою щорічних гідрологічних небезпек при проходженні весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра.

**Практичне значення** полягає в картографічній формі представлення результатів прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля, строків проходження водопілля для споживачів та органів, що здійснюють протипаводкові заходи для захисту населення, культурної спадщини, промисловості від затоплень річковими водами в періоди катастрофічно високих весняних водопіль.

**Результати роботи** по методиці прогнозування максимального стоку весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра можуть використовуватися в гідропрогностичних підрозділах Українського гідрометцентру ДСНС України та регіональних Гідрометцентрах.

Кількість сторінок – 163

Кількість рисунків – 28

Кількість таблиць – 31

Кількість літературних джерел – 71

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** весняне водопілля, метод територіального довгострокового прогнозу, оцінка гідрологічних небезпек.

## SUMMARY

Master's qualification work on the topic «Methodology for preliminary prognostic assessment of flood hazard for the Lower Dnipro subbasin under the EU Water Framework Directive and the EU Floods Directive». Rudyky A.M.

**Actuality of theme.** In order to protect the assessment and management of risks during spring floods, an early prognostic assessment of the characteristics of the maximum spring runoff and the date of their occurrence is relevant.

**The purpose and task of the investigation.** Using the scientific method of territorial long-term forecast of the spring flood characteristics on the basis of identification the type of spring water content in the river basin; realization of the method of territorial long-term forecast of spring flood characteristics in the Lower Dnipro sub basin.

**The object and the subject of the research** is studying the conditions for the formation and forecasting of runoff characteristics during the spring flood in the Lower Dnipro basin and assessment of possible risks from flooding of the territories in compliance with the basic requirements of the EU Flood Directive.

**Research methods** are theoretical analysis, mathematical modeling, discriminant analysis, cartographic generalization.

**Expected results.** Methodology of preliminary forecasting assessment of flood risks for the Lower Dnipro sub basin under the framework of the EU WFD and EU Flood Directive.

**The novelty of the work** is related to the estimation of annual hydrological risks during the spring flood in the Lower Dnipro sub basin.

**The practical significance** is the cartographic presentation of the results of the maximum runoff characteristics of spring flood forecasting, the terms of their occurrence for consumers and bodies that carry out flood control measures to protect the population, cultural heritage, industry from flooding by river waters during periods of catastrophically high spring floods.

The results of the work on the method of forecasting the maximum runoff of spring flood in the Lower Dnipro sub basin can be used in the hydroprognostic units of the Ukrainian Hydrometeorological Center of the State Emergency Service of Ukraine and the regional Hydrometeorological Centers.

Number of pages –163

Number of figures - 28

The number of tables – 31

Number of references – 71

**KEYWORDS:** spring flood, long-term territorial forecasting method, assessment of hydrological risks.

## Зміст

Вступ.....	8
.	
1 Основні вимоги і положення Водної Рамкової і Повеневої Директив ЄС.	12
1.1 Загальні вимоги ВРД ЄС.....	12
1.2 Класифікація і типологія річок.....	13
1.3 Гідрографічне районування басейну Дніпра згідно вимог ВРД ЄС.....	17
1.4 Повенева Директива ЄС про проведення попередньої оцінки ризиків затоплення для річкових басейнів, для яких існує такий ризик.....	22
1.5 Попередня оцінка гідрологічних ризиків при підтопленні територій...	25
1.6 Характеристика зон можливого затоплення в басейні р. Дніпро.....	28
2 Коротка фізико-географічна характеристика суббасейну Нижнього Дніпра.....	32
2.1 Географічне положення.....	32
2.2	32
Рельєф.....	
2.3 Ґрунти.....	36
2.4 Рослинність.....	40
2.5 Опис кліматичних умов.....	42
2.6 Водний режим весняного водопілля.....	48
2.7 Гідрографічна мережа та гідрометеорологічна вивченість території басейну .....	51
3 Теоретичні основи методу довгострокового прогнозування максимального стоку весняного водопілля річок .....	59
3.1 Сучасний стан питання математичних моделей гідрологічного	59

прогнозування.....	
3.2 Територіальні методи прогнозування характеристик весняного водопілля рівнинних річок .....	66
3.3 Математичні моделі в довгострокових гідрологічних прогнозах.....	67
3.4 Територіальний метод прогнозу дат початку та настання весняного водопілля на основі метеорологічних прогнозів температури повітря...	89
3.5 Загальні принципи оцінки методики і справджуваності прогнозу.....	94
4 Методика прогнозу характеристик весняного водопілля в басейнах річок суббасейну Нижнього Дніпра.....	98
4.1 Попередня прогностична оцінка характеристик весняного водопілля річок суббасейну Нижнього Дніпра.....	98
4.2 Попередня прогностична оцінка строків проходження весняного водопілля річок суббасейну Нижнього Дніпра .....	115
Висновки.....	124
Список літератури.....	127
Додатки.....	135

## Вступ

Актуальність теми. З метою імплементації Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу 2000/60/ЄС (ВРД ЄС) від 23 жовтня 2000 року в різних регіонах України важливим питанням постає класифікація річок і гідрографічне районування території України за басейновим принципом, що дасть змогу покращити систему управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів країни, у тому числі й малих річок.

Згідно вимог Паводкової Директиви 2007/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради ЄС (ВПД ЄС) від 23 жовтня 2007 року про оцінку та управління ризиками, пов'язаними з повенями актуальним є прогноз щорічних гідрологічних небезпек при проходженні весняних повеней на річках та планування заходів захисту в зонах затоплення при просторовому моніторингу стану водних об'єктів в цей період. Дана робота виконується згідно положень паводкової Директиви, яка спрямована на запобігання, захист та зменшення негативного впливу повеней на навколишнє середовище.

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 та водогосподарських споруд, виникнення гідрологічних небезпек, пов'язаним з затопленням територій і погрози життю людей. Тому прогноз максимального стоку весняного водопілля є особливо актуальним.

Мета дослідження. Використання наукового методу територіального довгострокового прогнозу характеристик весняного водопілля на основі встановлення типу водності весни річкових басейнів; реалізація методу територіального довгострокового прогнозу характеристик весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра.



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.

В завдання досліджень входить:

1. Провести аналіз фізико-географічних та кліматичних умов, що склалися в теперішній час в порівнянні з минуло річчям в суббасейні Нижнього Дніпра.

2. Розглянути основні положення ВРД ЄС стосовно класифікації та гідрографічного районування басейну Дніпра та ВПД ЄС про визначення ризиків та зон затоплення територій річковими водами.

3. Використати методику попередньої прогностичної оцінки небезпек повеней для суббасейну Нижнього Дніпра на основі довгострокового прогнозування максимального стоку весняного водопілля.

4. Здійснити картографічне представлення можливих небезпек від затоплення територій в період проходження весняних водопіль відповідно вимог ВПД ЄС у вигляді модульних коефіцієнтів характеристик весняного водопілля та їх прогнозних забезпеченостей.

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

Предметом дослідження є вивчення умов формування і прогнозування характеристик стоку в період весняного водопілля в басейні Нижнього Дніпра та оцінка можливих небезпек від затоплення територій дотримуючись основних положень ВПД ЄС.

Методами досліджень є теоретичний аналіз, математичне моделювання, дискримінантний аналіз, картографічне узагальнення.

Наукова новизна очікуваних результатів. Методика попередньої прогностичної оцінки небезпек повеней для суббасейну Нижнього Дніпра в рамках ВРД ЄС та ВПД ЄС на основі територіального методу довгострокових

прогнозів характеристик весняного водопілля річок та строків проходження водопіль на річках суббасейну Нижнього Дніпра. Оцінка щорічних гідрологічних небезпек при проходженні весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра. Картографічна форма представлення результатів прогнозних характеристик та їх прогнозної забезпеченості.

Тематика магістерської роботи відповідає напрямкам наукових досліджень кафедри гідрології суші в рамках НДР МОН України «Науково-методична база для встановлення розрахункових характеристик весняного водопілля в басейні Дніпра в умовах мінливості клімату», № ДР0117U002424 (термін виконання: 01.2017 12.2019) та кафедральної НДР «Умови формування та аналіз часових рядів характеристик водного режиму річок України в різних фізико-географічних зонах та при коливаннях клімату», №ДР 0118U001221 (термін виконання: 01.2018- 12.2022).

Практичне значення отриманих результатів полягає в наданні карт характеристик максимального стоку весняного водопілля, строків проходження водопілля споживачам та органам, що здійснюють протиповодкові заходи для захисту населення, культурної спадщини, промисловості від затоплень річковими водами в періоди катастрофічно високих весняних водопіль.

Результати роботи по методиці прогнозування максимального стоку весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра можуть використовуватися в гідропрогностичних підрозділах Українського гідрометцентру ДСНС України та регіональних гідрометцентрах.

Апробація роботи. Основні результати магістерської роботи були оприлюднені в:

- збірнику наукових праць XIII міжнародної наукової міждисциплінарної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених Випуск XIII, Київ 2017.

- матеріалах V Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» 29-30 листопада 2017 р., ХНУ, Харків 2017.

- III міжнародній науковій конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: Актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» 21-23 березня 2018р., ОДЕКУ, Одеса 2018.

- конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету 02-08 травня 2018р., ОДЕКУ, Одеса 2018.

- матеріалах II-го всеукраїнського пленера з питань природничих наук ОДЕКУ 26-28 липня 2018 р. Одеса

- матеріалах VI Міжнародної наукової конференції молодих вчених 29-30 листопада 2018 р., м. Харків.

Кількість друкованих праць: 1 стаття та 8 тез доповідей і матеріалів конференцій:

- Міжнародних - 4 (2017, 2018);
- Всеукраїнських – 1 (2018);
- Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт – 1 (2019) (III місце у першому та I місце у II турі конкурсу);
- студентській науковій конференції ОДЕКУ – 1 (2016);
- конференція молодих вчених ОДЕКУ – 2 (2018, 2019)
- наукові студентські семінари кафедри гідрології суші – 12 (2016-2019).

# 1. ОСНОВНІ ВИМОГИ І ПОЛОЖЕННЯ ВОДНОЇ РАМКОВОЇ І ПОВЕНЕВОЇ ДИРЕКТИВ ЄС

## 1.1 Загальні вимоги ВРД ЄС

Всебічне використання водних ресурсів, а також підписання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом та його державами-членами дає нові можливості та створює нові стандарти у різних сферах діяльності, у тому числі й у сфері охорони довкілля. При цьому більшість країн-членів ЄС впроваджує інтегрований підхід до управління водними ресурсами на басейновому принципі згідно положень Водної Рамкової Директиви (Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 23 жовтня 2000 року про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики (надалі ВРД ЄС) [1]. Україна взяла на себе зобов'язання адаптувати своє законодавство та слідувати принципам, викладеним директивами ЄС (Закон №1629-IV від 18.03.2004 р. «Про державну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу»), а саме управління водними ресурсами та питань якості води.

Для досягнення цілей ВРД ЄС управління кожним річковим басейном повинно здійснюватися на основі Плану управління річковим басейном, який складається з аналізу характеристик району річкового басейну, поточного стану його гідрографічної мережі, чіткого обліку водних об'єктів, можливих господарських змін у річковому басейні, а також мати програму заходів для досягнення у встановлених цілей (стаття 13 ВРД ЄС).

Водна Рамкова Директива ЄС, враховуючи міжнародний досвід щодо вибору районів річкових басейнів визнає річковий басейн в якості головної природної одиниці водного середовища. Басейн річки являє собою обмежену вододілами систему водотоків різних порядків, що впадають до однієї головної річки чи водного об'єкту [1].

## 1.2 Класифікація і типологія річок

Одним з основних завдань раціонального управління, використання та охорони водних ресурсів нашої держави, враховуючи вимоги європейських стандартів та ВРД ЄС є дослідження річкової мережі та облік водних об'єктів, оснований на типології річок [2].

В роботі вслід за авторами [2] здійснений ретроспективний аналіз досліджень річкової мережі України, у тому числі, враховуючи вимоги ВРД ЄС. В різні періоди гідрологічної науки гідрографічна класифікаціях річок за розмірами здійснювалася як довжинами річок [3], так і площами їх водозборів [4-15].

Класифікація річок за довжиною. У 30-ті роки минулого сторіччя В.М.Родевичем була запропонована класифікація за довжиною [3], яка складалася з 4-х категорій: найменші, малі, середні та великі річки (табл.1.1). Така класифікація була покладена в основу першого Водного кадастру СРСР (1931 – 1941 рр.).

Таблиця 1.1 – Класифікація річок за довжиною (за В.М. Родевичем, 1931) [3]

Градація довжини річок, км	Категорія річок
менше 10	Найменші
11-25	
26-50	Малі
51-100	
101-200	Середні
201-300	
301-500	
501-1000	Великі
понад 1000	

Класифікація річок за площею водозбору. З другої половини 60-х років минулого сторіччя у державному стандарті (ГОСТ 19179-73. «Гидрология суши. Термины и определения») з'явилася класифікація річок за площею водозбору - малі, середні та великі (табл.1.2). Пізніше ця класифікація

увійшла до Водного кодексу України (1995) і Державного стандарту України ДСТУ 3517-97 «Гідрологія суші. Терміни та визначення основних понять» (1997), які чинні до сьогодні [4].

Таблиця 1.2 – Класифікація річок за площею водозбору

Категорія річок	Річки з площею (довжиною)			
	Водний кодекс України (1995); ДСТУ 3517-97 «Гідрологія суші. Терміни та визначення основних понять» (1997); «Гідрологічний словарь» А.І.Чеботарьова (1978); Методика гідрографічного районування території Російської Федерації (2007)	Р.А.Нежиховський (1989)	Г.І.Швебс, М.І.Ігошин «Каталог річок і водоемів України» (2003)	Водна рамкова директива ЄС (2000)
Струмки	-	-	менше 50 км <sup>2</sup>	-
Малі	менше 2 тис. км <sup>2</sup>	менше 15 тис.км <sup>2</sup> (100-150 км)	50-2тис. км <sup>2</sup> (10-100 км)	10-100 км <sup>2</sup>
Середні	2–50 тис. км <sup>2</sup>	Від 15-100 тис.км <sup>2</sup> (від 10 до 100-150 км )	2 тис.- 50тис. км <sup>2</sup> (більше 100 км)	100-1000 км <sup>2</sup>
Великі	понад 50 тис. км <sup>2</sup>	більше 100 тис. км <sup>2</sup> (більше 150 км)	Більше 50 тис. км <sup>2</sup> (більше 1000 км)	1,0-10 тис.км <sup>2</sup>
Дуже великі	-	-	-	понад 10 тис. км <sup>2</sup>

Подібна класифікація річок за площею водозбору та характеристика умов формування річкового стоку наведена в «Гидрологическом словаре» А.І.Чеботарьова [5], яка ділить річки на великі, малі та середні (табл.1.2):

- категорія великих річок (площа водозбору більше 50 тис.км<sup>2</sup>) – річки, басейни яких розташовані в декількох географічних зонах, а гідрологічний режим не властивий для річок кожної географічної зони (рівнинні річки, які мають басейн площею більше 50000 км<sup>2</sup>, а також річки переважно гірські з площею водозбору більше 30000 км<sup>2</sup>.)
- категорія середніх річок (площу від 2 тис. до 50 тис. км<sup>2</sup>) – рівнинні річки, басейни яких розташовані в одній географічній зоні, а їх гідрологічний режим властивий для річок цієї зони;
- категорія малих річок (не більше 2 тис. км<sup>2</sup>) – річки, басейни яких розташовані в одній географічній зоні, гідрологічний режим яких під впливом місцевих факторів може бути не властивим для річок цієї зони.

В методиці гідрографічного районування території Російської Федерації [6] дотримуються класифікації річок за площею водозбору А.І.Чеботарьова (табл.1.2).

Відома класифікація річок за площею А.В.Огієвського [7], за якою малі річки мають площу водозбору менше 200-300 км<sup>2</sup>, а положення вододільної лінії їх водозборів визначається на основі детальних зйомок, з проведенням нівелювання.

Площа водозбору річок, розташованих в однакових фізико-географічних умовах, безпосередньо визначає водність ріки: чим більше річка, тим вона повноводніше. Для визначення площі водозбору на карті встановлюють вододіл и вимірюють обмежену їм площу [8].

В нормативному документі СНіП 2.01.14-83 для лісостепової і степової зон середніми річками вважаються річки з площею водозбору  $F > 200 \text{ км}^2$ , при цьому за річки-аналоги слід приймати з басейнами з площею не менше

100км<sup>2</sup> [9]. В «Ресурсах поверхностных вод» [10] для розрахунку характеристик максимального стоку невивчених у гідрологічному відношенні річок розрахунки ведуться, як для дуже малих водозборів с площею менше 1-5 км<sup>2</sup>, так і для великих водозборів площею 12000-15000км<sup>2</sup> і навіть до 20000-25000 км<sup>2</sup>.

Р.А.Нежиховський [11-13] запропонував іншу схематизацію річкової мережі для підрахунку руслових запасів води. Для описання структури річкової мережі в його схемі використовують число створів, рівновіддалених від витoku річок. Всю руслову мережу поділяють на крупну, середню та мілку. До великих басейнів зазвичай відносять ділянки річок, які обмежені гідрометричними створами, віддаленими на 100-150 км від витoku. Для невеликих басейнів з площею водозбору менше 15000 км<sup>2</sup> краще використовувати граничні створи, віддалені на 50 км, а для великих басейнів ( $F > 100000$  км<sup>2</sup>) – на 150 км.

За даними авторів Г.І.Швебс, М.І.Ігошин «Каталог річок і водойм України» [14] існує інша класифікація річок за площею. За різними ознаками річки також розподіляються на великі, середні та малі.

Мала річка – це постійно діючий водотік, водозбірний басейн якого розташований у одній фізико-географічній зоні. Має неповне підземне живлення, високу внутрішню басейнову синхронність стоку води та розвинену форму стоку. До категорії «мала річка» відноситься водотік, який має довжину від 10 до 100 км, площу водозбору від 50 км<sup>2</sup> до 2000 км<sup>2</sup> та витрату води до 5м<sup>3</sup>/с. Водотоки з площею водозбору менше 50 км<sup>2</sup> відносяться до струмків [14].

Середня річка – це річка, яка протікає в одній географічній зоні, має повне підземне живлення. До категорії середніх річок за розмірами та водністю відносять річки з довжиною більше 100 км, площею від 2000 км<sup>2</sup> до 50000 км<sup>2</sup> і водністю від 5 до 100 м<sup>3</sup>/с.



Велика річка – це річка, яка має змішаний гідрологічний режим, що формується в двох або кількох географічних зонах. До категорії великих річок відносяться рівнинні річки, які мають довжину більше 1000 км, площу водозбору більше ніж 50000 км<sup>2</sup> і витрату води більше 100 м<sup>3</sup>/с [14].

Відповідно Водного кодексу України (1995) км<sup>2</sup> [4] басейн Дніпра класифікується за площею водозбору, як велика річка - понад 50 тис. км<sup>2</sup> [2]. Ця класифікація суттєво відрізняється від типології річок за розмірами згідно Водної рамкової директиви ЄС, згідно якої басейн Дніпра характеризується, як дуже велика річка - понад 10 тис. км<sup>2</sup> [2].

Враховуючі менші масштаби гідрографічної мережі територій європейських країн та й в цілому України, в порівнянні з цією мережею колишнього СРСР, у ВРД ЄС при типізації річок введено чотири градації річок за площами їх водозборів - малі, середні, великі та дуже великі (див.табл.1.2).

В такому разі, впроваджуючи положення ВРД ЄС в Україні необхідним є здійснити типізацію річок районів річкових басейнів, які використовуються у ВРД ЄС, тобто за новими – європейськими критеріями[2].

### 1.3 Гідрографічне районування басейну Дніпра згідно вимог ВРД ЄС

З метою реформування та покращення системи управління водними ресурсами держави при та урахуванням досвіду інших країн з впровадженням положень ВРД та при створенні Плану управління річковим басейном в роботах [15-17] здійснене нове гідрографічне районування території України за басейновим принципом.

Дотримуючись вимог ВРД райони річкових басейнів закріплюються не до адміністративних чи політичних кордонів (територія річкового басейну може розташовуватися в межах декількох країн), а згідно з географічними

межами річкового басейну. Директива вимагає визначення районів річкового басейну, які можуть бути басейном однієї великої річки або, включати кілька басейнів малих річок, нанесення на карту меж басейнів та суббасейнів, що відносяться до даного району річкового басейну [16].

Відповідно до документу ВРД [1] у методиці гідрографічного районування території України авторами [15] використовуються такі основні терміни та їх визначення:

- Гідрографічна одиниця – район річкового басейну, річковий басейн, суббасейн;
- Район річкового басейну – головна одиниця управління у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів, що складається з річкового басейну (сусідніх річкових басейнів) та пов'язаних з ними підземних водних об'єктів та лиманів у межах території України;
- Річковий басейн – частина земної поверхні, стік води з якої послідовно через пов'язані водойми здійснюється в море або озеро;
- Суббасейн – частина річкового басейну, стік води з якої через пов'язані водойми і водотоки здійснюється до головної річки басейну або водогосподарської ділянки нижче за течією.

Методика гідрографічного районування території України в [15], яке здійснюється для розробки планів управління річковими басейнами передбачає поділ території України на гідрографічні одиниці – райони річкових басейнів (басейновий рівень) та суббасейни (суббасейновий рівень) [1] та ґрунтується на гідрографо-географічному підході до районування територій. При цьому межі гідрографічних одиниць (району річкового басейну) проходять по вододілах річкових басейнів і суббасейнів як географічній межі між суміжними водозборами і не можуть перетинати водосховища чи озера, якщо вони повністю розташовані в межах території України.

Головним критерієм при встановленні гідрографічних одиниць басейнового рівня (району річкового басейну) є площа водозбірної території, мінімальна величина якої не повинна бути меншою від площі басейну головної великої річки, а максимальна величина не встановлюється, якщо він включає басейн однієї великої річки [1].

Басейни великих річок, які впадають у головну річку району річкового басейну (басейновий рівень) можуть виділятися в окремі гідрографічні одиниці - суббасейни (суббасейновий рівень). Басейни малих і середніх річок, які впадають у головну річку району річкового басейну можуть включатися до складу суббасейну великої притоки головної річки (з загальною площею не більше 50 000 км<sup>2</sup>) [1].

Встановлення гідрографічних одиниць та визначення їх меж здійснюється на основі державних топографічних карт та цифрових моделей рельєфу з використанням геоінформаційних технологій [15].

Опис меж кожної гідрографічної одиниці включає в себе низку етапів, у тому числі фізико-географічну характеристику проходження меж гідрографічних одиниць в прилеглий місцевості таких як рельєф, гідрографія, ґрунтовий і рослинний покриви, ландшафт, мережа ліній сполук, інші географічні компоненти. При цьому застосовуються географічні найменування об'єктів місцевості [1].

Схема гідрографічного районування території України показана на рис.1.1 [2]. В межах території України виділено 9 районів річкових басейнів. Це райони річкових басейнів Вісли (Західного Бугу та Сану) – I, Дунаю – II, Дністра – III, Південного Бугу – IV, Дніпра – V та Дону – VI), а також басейнів річок Причорномор'я - VI, басейнів річок Приазов'я - VIII та басейнів річок Криму – IX.



Рис. 1.1 – Гідрографічне районування території України [2]

Відповідно картосхеми гідрографічного районування території України V район басейну Дніпра включає 5 суббасейнів: Прип'яті, Десни, Верхнього Дніпра, Середнього Дніпра та Нижнього Дніпра (рис.1.2). Суббасейни басейнів річок Прип'яті та Десни – виділені за розмірами їх водозборів (великі річки) та транскордонним положенням; суббасейн Верхнього Дніпра - межа суббасейну Верхнього Дніпра проходить по лінії державного кордону з Республікою Білорусь та через населені пункти по лінії вододілу; суббасейни Середнього Дніпра та Нижнього Дніпра – шляхом об'єднання в одну гідрографічну одиницю суббасейнового рівня басейнів малих і середніх річок, що впадають до головної річки відповідно на середній і нижній течії Дніпра.

Причому, як встановлено у [18], кордон між суббасейнами Середнього Дніпра та Нижнього Дніпра проходить по створу Дніпродзержинського водосховища і майже співпадає з межею між лісостеповою та степовою географічними зонами, що відрізняються умовами формування стоку та гідрографічними характеристиками. Крім того ця межа відокремлює менш економічно розвинуті території Середнього Дніпра від більш розвинутих в економічному відношенні адміністративних областей Нижнього Дніпра [2].

Межа Нижнього Дніпра тягнеться від греблі Дніпродзержинського водосховища до Дніпровського лиману.



Рис. 1.2 – Схема гідрографічного районування району річкового басейну Дніпра [23]

Для досягнення цілей ВРД ЄС для кожного району річкового басейну повинен бути розроблений план управління, який складається з аналізу характеристик району річкового басейну і стану водних об'єктів.

У подальших пунктах першого розділу роботи виконаний аналіз фізико-географічних характеристик суббасейну Нижнього Дніпра згідно вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу 2000/60/ЄС [1] при гідрографічному районуванні та створенні плану управління для досягнення доброго статусу водних об'єктів. В подальшому такий аналіз буде покладено, враховуючи вимоги Повеневої Директиви 2007/60/ЄС [19], в основу прогнозування щорічних гідрологічних небезпек весняних повеней річок для просторового прогностичного моніторингу стану водних об'єктів в цей період з метою планування відповідними органами заходів захисту в зонах можливого затоплення.

#### 1.4 Повенева Директива ЄС про проведення попередньої оцінки ризиків затоплення для річкових басейнів, для яких існує такий ризик

Повені відносяться до природного явища, якого не можна уникнути. Тим не менш, певна людська діяльність і кліматичні зміни сприяють збільшенню ймовірності повеней і посилення їх негативних наслідків [19].

Після підписання Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, Угоди про асоціацію, Україна взяла на себе зобов'язання впровадити в своє правове поле низку Директив та їх керівних документів. Зокрема це стосується і Директиви 2007/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2007 року про оцінку та управління ризиками затоплення (далі – Директива про затоплення) [19].

Метою Директиви про затоплення є розробка плану дій по оцінці та управлінню ризиками затоплень, яка направлена на скорочення негативних наслідків дій для здоров'я людей, навколишнього середовища, культурної спадщини та економічної діяльності.

Окрім термінів «річка», «річковий басейн», «суббасейн» та «район річкового басейну» в Директиві про затоплення використовуються такі терміни:

- Затоплення - це тимчасове покриття території водою під час повені чи паводка, а також затоплення, спричинені гірськими потоками, морськими згіннонагінними явищами, за винятком затоплення зворотними водами.

- Ризик затоплення - це поєднання ймовірності затоплення і потенційних негативних наслідків для здоров'я населення, довкілля, культурної спадщини та економіки, пов'язаних із цим затопленням [19].

Впровадження положень Повеневої Директиви ЄС ведеться в Україні відповідно нормативних документів, які розроблені за її основою. Такими документами є Методика попередньої оцінки ризиків затоплення [20],

Методика розроблення карт загроз і ризиків затоплення [21] та Порядок розроблення плану управління ризиками затоплення [22].

У межах спільноти існують різні типи повеней, зокрема річковими водами.

Для запобігання і скорочення негативних наслідків повеней згідно Директиви про затоплення необхідно зробити наступне [19]:

- попередня оцінка ризиків повеней (Глава 2, стаття 4-5)
- розроблення карт загроз і ризиків затоплення (Глава 3, стаття 6)
- розроблення плану управління ризиками затоплення (Глава 4, стаття 7-8).

Плани управління ризиками повинні бути складені на підставі характеристик тих зон, до яких вони відносяться. План управління розробляється з метою зменшення потенційного негативного впливу затоплень на життєдіяльність людини, навколишнє природне середовище, культурну спадщину та господарську діяльність. Підготовка плану управління розпочинається з попередньої оцінки ризиків затоплення та розроблення карт загроз і ризиків затоплення. Такі карти розробляються для територій визначених попередньою оцінкою [19,20].

В основі попередньої оцінки ризиків затоплення покладена оцінка та аналіз минулих затоплень, які завдали значної шкоди об'єктам ураження і ймовірність повторення яких залишається високою, а також оцінка значних затоплень, повторення яких може спричинити значні негативні наслідки.

Потенційно значними ризиками вважають ті ризики затоплень, які сталися в минулому і спричинили негативні наслідки на об'єкти ураження.

Незначними ризиками є ті ризики затоплення, які відбуваються в незаселених чи малозаселених районах [19,20].

Згідно з Наказом Міністерства внутрішніх справ від 28.02.2018 №153 Методика розроблення карт загроз і ризиків затоплення [21] розроблена з метою забезпечення процесу оцінки та управління ризиками затоплення,

мінімізації негативних наслідків, пов'язаних із затопленням, які мають вплив на здоров'я та життя людей, економіку, культурну спадщину. Методика застосовується при виконанні підготовки плану управління ризиками затоплення, а саме розробка карт загроз і ризиків затоплення на основі результатів попередньої оцінки ризиків затоплення.

Для територій, що межують з іншими територіями держав, які мають значний ризик затоплення, при розробці карт загроз і ризиків затоплення спочатку здійснюється обмін інформацією між територіями цих держав.

Під час розробки карт загроз і ризиків затоплення використовуються такі матеріали:

- цифрові карти та дані баз геопросторових даних;
- геоінформаційні сервіси чи системи, карти;
- дані аеро- та космічних зйомок;
- інформаційні матеріали про затоплення, які сталися в минулому;
- дані спостережень за водним режимом та метеорологічні спостереження;
- плани управління річковими басейнами та плани управління ризиками затоплення.

При розробці карт загроз і ризиків затоплень застосовують відповідні встановлені види надзвичайних ситуацій та класифікаційні ознаки для різних типів затоплень, що були оцінені під час здійснення попередньої оцінки ризиків затоплення територій, та які мають значні ризики затоплення. Такі карти розробляються окремо для кожної території, яка має потенційно значні ризики затоплення, у масштабі не менше 1:25000 у системі координат. Це забезпечує необхідний обмін даними у глобальних інформаційних мережах.

Методика передбачає розробку на картах загроз і ризиків затоплення, які відображають:

- затоплення з низькою ймовірністю;
- затоплення з середньою ймовірністю;



- затоплення з високою ймовірністю.

Для кожного із зазначених сценаріїв окремо розробляються карти загроз затоплення і карти ризиків затоплення. Відповідно розробляються два види карт загроз затоплення та два види карт ризиків затоплення.

Кarti загроз затоплення:

- карти загроз затоплення із зазначенням глибини або рівнів води, які включають масштаби затоплення;
- карти загроз затоплення із зазначенням швидкості потоку та характеристик потоку.

Кarti ризиків затоплення.

- карти ризику затоплення, що характеризують загрозу для людей та можливі втрати від затоплення;
- карти ризику затоплення, що характеризують загрозу для довкілля, культурної спадщини та господарської діяльності.

В Українському гідрометеорологічному інституті ДСНС України та НАН України (УкрГМІ) виконана розробка методики попередньої оцінки ризиків затоплення та визначення зон загроз і ризиків затоплення для річок України [23]. Вона базується на аналізі ретроспективних подій формування видатних повеней річок, що призвели до значних негативних наслідків від водних затоплень та які відповідають рівню надзвичайної ситуації, створенні їх каталогу, узагальненні таких подій в межах частин річкових русел і їх заплав та картографічному представленні територій, які мають потенційно значні ризики затоплення в межах районів річкових басейнів України згідно з методиками документами [15-18].

### 1.5 Попередня оцінка гідрологічних ризиків при підтопленні територій

Згідно з Наказом Міністерства внутрішніх справ України від 17.01.2018 №30 Методика попередньої оцінки ризиків затоплення [20] розроблена з метою здійснення попередньої оцінки ризиків затоплення, що

дасть змогу визначити території, які мають потенційно значні ризики затоплення у всіх районах річкових басейнів України, та інші можливі джерела затоплення, мінімізувати негативні наслідки, пов'язані із затопленням, які мають вплив на здоров'я та життя людей, довкілля, економіку, культурну спадщину тощо [20].

Застосування даної методики забезпечує виконання першого етапу з підготовки плану управління ризиками затоплення, а саме попередню оцінку ризиків затоплення.

Попередня оцінка ризиків затоплення включає опис та оцінку затоплень, які мають високу або прогнозовану ймовірність повторення та можуть призвести до негативних наслідків для здоров'я людини, довкілля, економіки, культурної спадщини (далі – об'єкти ураження).

Визначення потенційно значущих майбутніх повеней включає критерій значущості потенційних (майбутніх) подій та опис ступеня наслідків потенційних ризиків затоплень.

За допомогою комбінації таких критеріїв, як рівень надзвичайної ситуації та ймовірність події, яка спричиняє затоплення визначається значення потенційного ризику затоплення (табл.1.3) [20].

Таблиця 1.3 - Величина ризику затоплення [20]

Наслідки (Н)	Ймовірність (І)		
	Низька	Середня	Висока
Серйозні	3 Помірний ризик	4 Високий ризик	5 Дуже високий ризик
Помірно значущі	2 Низький ризик	3 Помірний ризик	4 Високий ризик
Незначні	1 Малозначний ризик	2 Низький ризик	3 Помірний ризик

Критерії визначення значущості наслідків затоплення наведені у табл. 1.4, а критерії визначення ймовірності виникнення затоплення представлений у табл. 1.5 [20].

Таблиця 1.4 - Критерії визначення значущості наслідків затоплення[20]

Величина «Н»/ характер наслідків	Ознаки значущості наслідків
1 незначні наслідки	Затоплення короткочасне та за своїми наслідками (розміром зони затоплення, та/або кількістю постраждалих осіб, та/або завданими збитками) може бути класифіковане як небезпечна подія або надзвичайна ситуація об'єктового рівня відповідно до Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 року № 368 (далі - Порядок класифікації)
2 помірно значні наслідки	Затоплення спричиняє значні та довготривалі наслідки і може бути класифіковане як надзвичайна ситуація місцевого рівня відповідно до Порядку класифікації
3 серйозні наслідки	Затоплення спричиняє постійні та незворотні пошкодження і може бути класифіковане як надзвичайна ситуація регіонального або державного рівня відповідно до Порядку класифікації

Таблиця 1.5 - Критерії визначення ймовірності виникнення затоплення[20]

Величина «І»/ характер ймовірності	Ознаки ймовірності виникнення затоплення
1 низька ймовірність	Затоплення виникає рідко та нерегулярно. Може трапитися не частіше ніж один раз на 500 років
2 середня ймовірність	Затоплення виникає періодично, але нерегулярно. Може трапитися не частіше ніж один раз на 100 років
3 висока ймовірність	Затоплення виникає часто та регулярно. Може трапитися один раз на 10 років або частіше

### 1.6 Характеристика зон можливого підтоплення в басейні р. Дніпра

Для оцінки можливих гідрологічних ризиків необхідні дані про рівні води, при яких спостерігаються небезпечні явища (НЯ) і стихійні гідрометеорологічні явища (СГЯ). Перелік таких явищ міститься у сучасному комп'ютерному комплексі АРМ-гідро (наприклад, додаток А.1).

Також за допомогою АРМ-гідро можна будувати комплексні графіки ходу рівнів і витрат води, метеорологічних величин.

Для прикладу побудовано комплексний графік річок в різних суббасейнах Дніпра – на р. Оріль –с. Царичанка та на р. Самара–с. Кочережки за період з 2006 року по 2018 рік. (рис.1.3, рис.1.4).

Графіки показують, що на річках басейну Дніпра на період з 2006 року по 2018 рік спостерігаються максимальні рівні весняних водопіль. На початку березня 2010 року на р. Оріль – с. Царичанка рівень води перевищив відмітку НЯ та дорівнював 760 см. На р. Самара – с. Кочеріжки на початку березня 2006 року рівень води дорівнював 700 см, що призвело до перевищення відмітки НЯ. За цей період перевищень відміток СГЯ на постах не спостерігалось.

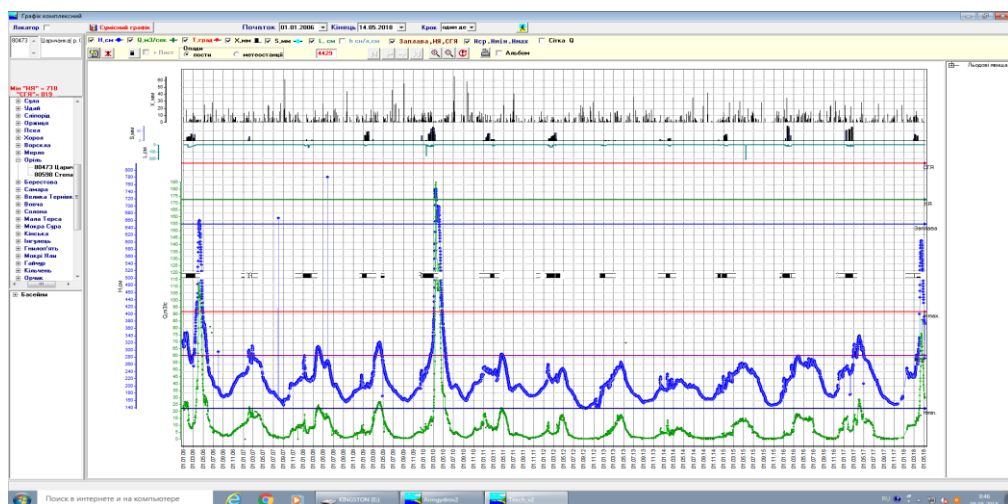


Рис. 1.3 – Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик для весняного водопілля р.Оріль- с.Царичанка за багаторічний період 2006-2018 рр.

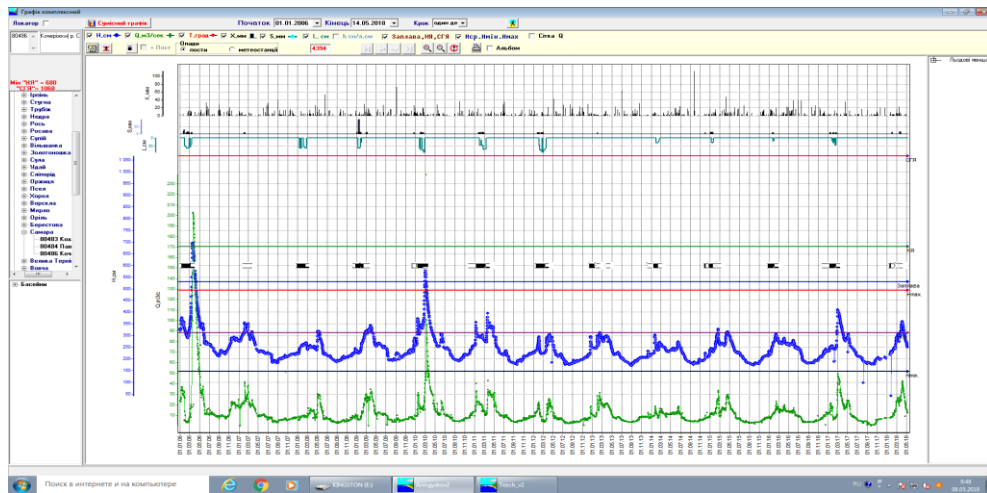


Рис. 1.4 – Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля для р. Самара – с. Кочеріжки за багаторічний період 2006-2018 р.

Весняні водопілля в басейні Дніпра у багатоводні роки періодично набувають масштабів екстремальних гідрологічних явищ (рис.1.5) та завдають значної шкоди сільськогосподарським і житловим об'єктам, на ліквідацію яких необхідні величезні вкладення. На сьогодні повеневонебезпечні регіони недостатньо вивчені в гідрологічному відношенні (особливо невеликі річки), при цьому важливим питанням є створення каталогу НЯ і СГЯ. Доволі детальний каталог зон затоплень створений у програмному комплексі АРМ-гідро, де вказується тип явища, район, рік спостереження (додаток А).

В додатку А, табл.А.1 було проведено аналіз по рокам зон затоплення. Згідно з табл. А.1 було виявлено, що спостережені гідрологічні ризики, а саме зони затоплення в суббасейні Нижнього Дніпра здебільшого спостерігалися за період з 1964 року.

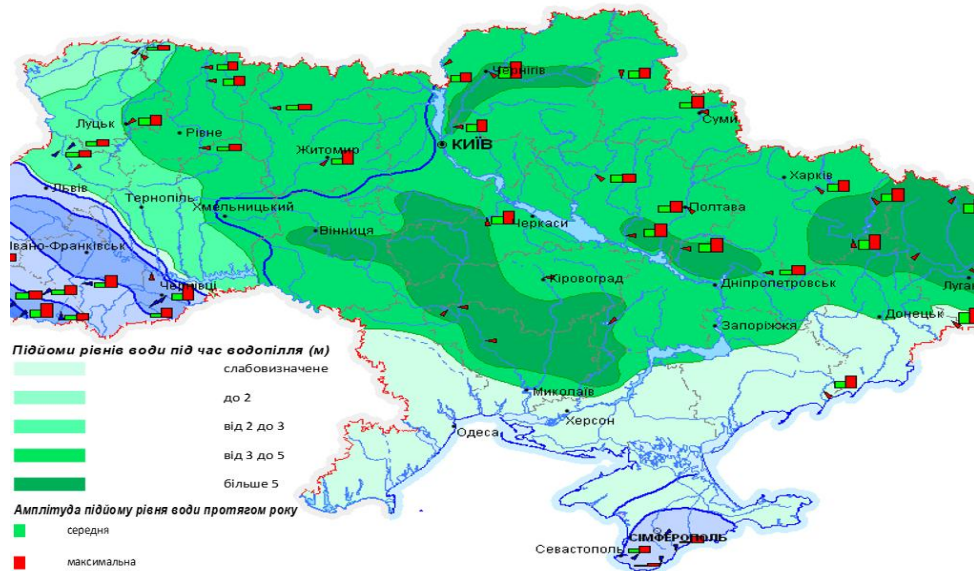


Рис.1.5 –Карта-схема максимального стоку річок України

Відповідно до [23] в Українському гідрометеорологічному інституті ДСНС України та НАН України (УкрГМІ) були розглянуті та проаналізовані затоплення минулих років, які відбулись у районі басейну річки Дніпро (включаючи суббасейн Нижнього Дніпра) за період з 1994 року [22]. Розглядалися затоплення територій викликані річковими водами (Р). Всього в басейні Дніпра було виявлено 154 подій пов'язаних із затопленнями території. Затоплення, що сталися у минулому в районі басейну річки Дніпро представлені на карті (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Затоплення, що сталися у минулому в районі басейну річки Дніпро [23]



Аналіз минулих затоплень у районі басейну річки Дніпро, з урахуванням рівня надзвичайних ситуацій та ймовірності перевищення абсолютних відміток рівнів води, які спричинили негативні наслідки дозволили [23] визначити ризики потенційних затоплень. Переважна більшість потенційних затоплень відповідає 3 та 4 рівню ризиків затоплення.

На основі виконаної оцінки ризиків затоплення в роботі [23] визначені території, які мають потенційно значні ризики затоплення (рис. 1.7).

На території суббасейну Нижнього Дніпра згідно рис.1.7 такі басейни річок, як Оріль, Самара, Кінська, Інгулець та Тясмін на деяких ділянках мають потенційно значні ризики затоплення за період з 1994 року.



Рисунок 1.7 – Території, які мають потенційно значні ризики затоплення в районі басейну річки Дніпро [23]

## 2. КОРОТКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУББАСЕЙНУ НИЖНЬОГО ДНІПРА

### 2.1 Географічне положення

Нижнє Дніпро - географічний і історичний край. Визначається долиною (басейном) річки Дніпро. Займає землі по ліву і праву сторони Дніпра, що лежать в безпосередній долині Дніпра і долинах (басейни стоку) малих і середніх річок-приток Дніпра, а також наближені землі великих приток (Прип'ять, Десна).

Нижнє Дніпро - долина Дніпра від острова Хортиця до Дніпровського лиману. Займає частину території Дніпропетровської, Херсонської та Запорізької областей. На заході межує з Причорномор'ям, на сході - з Приазов'ям і Кримом.

Територія річок Нижнього Подніпров'я розташована в степовій зоні недостатнього зволоження. Протяжність території 326 кілометрів.

Фізико-географічна характеристика розглянута за довідковими та монографічними виданнями [10, 14, 26, 27].

### 2.2 Рельєф

Серед чинників, що визначають гідрологічний режим річок, найважливішими є фізико-географічні особливості території: геологічна будова, рельєф, клімат тощо. Геологічна будова і рельєф визначають те, якими є площа водозбору, похил, характер ґрунтів, гідрологічні умови. Водночас рельєф впливає на кліматичні особливості, рослинний покрив.

У межах басейну Дніпра за геологічною будовою виділяються наступні регіони: Український кристалічний щит і його схили, Волино-Подільська плита, південно-західний схил Воронежського кристалічного масиву,



Дніпровсько-Донецька і Причорноморська западини, Західна околиця Донецького басейну.

Територія річок Нижнього Дніпра розташована на Дніпровсько-Донецькій та Причорноморській западині.

Між Українським щитом і Воронежським кристалічним масивом розташована Дніпровсько-Донецька западина. Кристалічні породи, що її утворюють, лежать на глибині 3-4 км. Весь цей шар до земної поверхні заповнений осадовими породами, зокрема знесеними з Українського щита і Воронізького кристалічного масиву.

На півдні України розташована Причорноморська низовина, яка має переважаючий похил до Чорного моря. Товща осадових порід сягає тут кількох кілометрів. Південна частина затоплена. Процес затоплення відбувається і в теперішній час. З одного боку, це спричинено опусканням земної поверхні, з другого – підвищенням рівня моря. Рельєф низовини плоский. У межах Причорноморської низовини зустрічаються замкнені безстічні ділянки – поди. У прибережній смузі поширені піщані коси. Деякі з них є межею між морем, а також лиманами та озерами.

Дніпровсько-Донецька западина є область значного занурення поверхні кристалічного фундаменту - до 11 - 12 км. В її межах виділяються схили Українського кристалічного щита і Воронежського масиву (вони ж є південно-західним і північно-східним бортами западини), Дніпровсько-Прип'ятський або Центральний грабен, відокремлений від бортових частин системою великих скидів і флексур і різко занурений.

Причорноморська западина також є областю занурення докембрійського фундаменту, який в осьовій її частини залягає на глибинах понад 3000 м. Занурення фундаменту відбувається за системою уступів, які виражені в осадовій товщі у вигляді флексур. За спостереженнями над висотами залягання сарматських і понтичних порід над урізом води в Дніпрі та інших річках багато дослідників вважають за можливе виділення ряду

невеликих пликативних структур; проте дослідження із застосуванням буріння дозволили встановити, що значна частина цих порушень пов'язана з екзогенними процесами, зокрема з зсувами, і тому при видаленні від річкових долин зникає.

Формування рельєфу всіх цих областей обумовлено геологічною будовою території, тектонічною активністю її окремих частин, а також впливом зовнішніх процесів, з яких найголовнішими є акумулятивна і ерозійна діяльність льодовика максимального (дніпровського) заледеніння і водних потоків в річкових долинах і на їх схилах.

Річка Конка і праві притоки Вовчої - Гайчур і Мокрі Яли - беруть початок на північних схилах Приазовської височини, витягнутої в субширотному напрямку і відповідає ділянкам найбільш піднесеного залягання порід докембрійського віку. Максимальні відмітки поверхні досягають тут 324 м (гора Могила Бельмак).

У басейні Дніпра широко поширені акумулятивні рівнини: алювіальні, льодовикові, водно-льодовикові.

Поздовжній профіль Дніпра в межах Українського кристалічного щита має різко деформовану форму, що пов'язано з диференційованими підняттями окремих блоків щита. Тут виділяються Кременчуцька, Верхньодніпровська, Дніпропетровська та Нікопольська відносні деформації. Найбільш значна з них, Дніпропетровська, відповідає прориву долини Дніпра через щит на його вельми мобільному ділянці, на протязі всього неотектонічне етапу, відставав у піднятті від інших частин щита. Нижче м. Запоріжжя поздовжній профіль має плавнорівну форму (з поступовим зменшенням ухилів русла від 11,1 до 3,5 см / км), на якому виділяється Каховська деформація, приурочена до зони магнітної аномалії.

На поздовжньому профілі Базавлука виділяється Лошкарівська деформація, приурочена до підняття поверхні кристалічних порід. Розломи, встановлені нижче с. Лошкарівки, в формі поздовжнього профілю виражені у

вигляді різкого перегину профілю зі зміною ухилів від 107,4 до 47,0 см / км, тоді як розлом вище Лошкарівська деформації у с. Миколаївки в поздовжньому профілі не виражений.

Поздовжній профіль Інгульця проходить по Українському кристалічному щиті і Причорноморської западини. За формою він розділяється на кілька ділянок - увігнутий, з максимумом угнутості у с. Олександрії; опуклий, з максимумом опуклості в гирлі р. Жовта і слабоувігнутий (нижче м Кривого Рогу), що характеризується щодо поступовим зменшенням ухилів від 19,7 до 1,3 см / км. У межах Причорноморської западини профіль має плавновогнуту форму. Залягання підосви аллювія в гирлової частини річки на глибині до 15 м нижче рівня моря свідчить про прояв тут молодих опускань.

Профіль Вовчої має вигляд плавноувігнутої кривої. На тлі відносно опуклого ділянки профілю в межах щита виділяються Каменська та Григорівська деформації. На ділянці від с. Дачі до с. Василівки ложе річки складено кристалічними породами, поверхня яких піднята в районах Каменської та Григорівський деформацій. У районі м Павлограда долина Вовчої переходить зі щита на його північно-східний схил, причому перехід ускладнений розломом, що знаходить відображення в освіті Павлоградської деформації і різкій зміні ухилів русла від 124,0 до 13,3 см / км.

На поздовжньому профілі Конки виділяються Ново-Карлівська і Комишуваська деформації. Утворення Ново-Карлівської деформації в районі розвитку однорідних по стійкості до процесів денудації понтичних вапняків, що складають річище і лежать на кристалічних породах, пов'язане з переходом русла річки з Консько-Яйлинської западини на Український кристалічний щит, що володіють різною тектонічної активністю. Утворення Комишуваської деформації зв'язується з підвищенням заляганням поверхні кристалічних порід, які між селами Любимівка та Комишуваха оголюються в долині річки. Район Комишуваської деформації характеризується

підвищеними швидкостями сучасних піднятів (4,7 мм/рік), тоді як швидкості піднятів вище і нижче деформації складають 1,7 мм / рік.

Рельєф досліджуваної території наданий за такими джерелами [26,27].

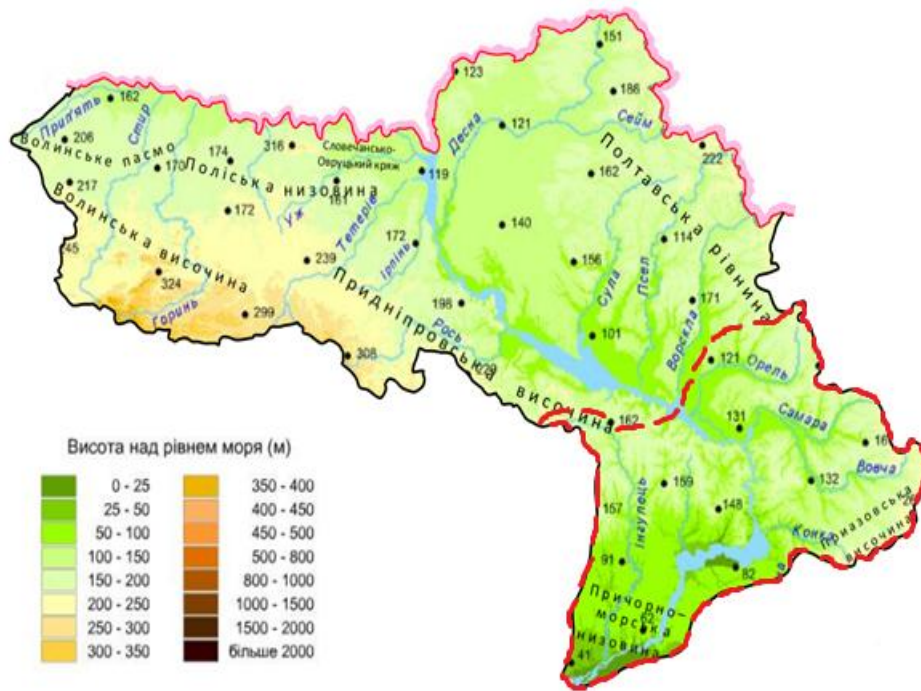


Рис. 2.1 – Рельєф території басейну Дніпра (виділений суббасейн Нижнього Дніпра) [24]

### 2.3 Ґрунти

Ґрунтовий покрив істотно впливає на елементи гідрологічного режиму. Механічний склад ґрунтів визначає їх фільтраційні якості. Це впливає на умови формування поверхневого і підземного стоку. Характер ґрунтів позначається також на умовах формування стоку наносів.

Основними чинниками, які визначають характеристики ґрунтів, є клімат, характер підстильних порід. Великий вплив і місцевих особливостей. В цілому поширення ґрунтів відповідає природним зонам.

Від гирла Ворскли і до впадіння в Чорне море р. Дніпро протікає в степовій зоні. Поверхневі - четвертинні відкладення і ґрунтовий покрив басейну в цьому районі визначається як зональними кліматичними умовами, так і особливостями геоморфології. Остання пов'язана з розташуванням долини Дніпра на цій ділянці в межах двох великих геоструктурних областей: Азово-Придніпровської височини, в основі якої залягають кристалічні породи, і Причорноморської низовини, складеної величезною товщею осадових порід.

На південь від лінії Кривий Ріг - Нікополь - Запоріжжя - Великий Токмак простягається Причорноморська низовина, в межах якої виділяються правобережна і лівобережна Нижньодніпровські рівнини, а також Нижньодніпровська древнедельтова рівнина.

Правобережна низовина, розташована на південь від Придніпровської височини, являє собою слабо розчленовану рівнину, нахилена з півночі на південь. Балки і яри в основному зосереджені уздовж Дніпра і долини Інгульця. В межах вододільного плато Дніпро - Інгулець яружно-балочна мережа розвинена дуже слабо, поверхня рівнини рясніє подами, кількість яких на південь збільшується.

Лівобережна Нижньодніпровська рівнина являє собою плоску, майже безстокову рівнину з великою кількістю великих і дрібних подів, що займають до 15% всієї площі рівнини. Ґрунтовий покрив району представлений чорноземами звичайними, чорноземами південними, темно-каштановими і каштановими солонцюватими ґрунтами в комплексі з солонцями, послідовно змінюються з півночі на південь. У заплавах річок сформувалися лугові і чорноземно-лугові засолені або вилужені ґрунту; на піщаних терасах річок - дернові відсталі ґрунту, а також супіщані чорноземи і дерново-лучні піщані ґрунти в міжкучугурних пониженнях.

Південь України здебільшого покривають південні чорноземи, а також каштанові ґрунти. За механічним складом вони є суглинистими. Основною

грунтоутворюючою породою є лес. Ця порода відзначається слабкою стійкістю до розмиву, наслідком чого є значне надходження наносів у річки.

Для півдня степової зони (особливо її східної частини) характерним явищем є засоленість ґрунтів. Інколи зустрічаються солонці, що відрізняються значною щільністю.

На південь, у міру зниження місцевості, в межах Причорноморської низовини чорноземи звичайні малопотужні змінюються *чорноземами південними*, які займають велику смугу, що починається на північ від м Нікополя і тягнеться уздовж Дніпра приблизно до р Каховки. Потужність гумусованого профілю в них дістає 60 - 65 см. Вміст гумусу в верхньому гумусового горизонту становить 3,5 - 4,5%.

Темно-каштанові і каштанові солонцюваті ґрунти в загальному є однотипними. Загальна потужність гумусованої частини профілю складає 50 - 60 см. Горизонт «белоглазки» залягає на глибині 70 - 100 см. Вміст гумусу в темно-каштанових ґрунтах становить 3 - 4%.

Певні чинники, насамперед господарські, сприяли тому, що в останні десятиріччя в Україні відбувається виснажування ґрунтів, зокрема в них зменшується вміст гумусу. Це, в свою чергу, позначається на рослинному покриві, умовах стікання води тощо.

Карст. У Нижньому Подніпров'ї немає значних (за площею) ділянок з типовими ландшафтами поверхневого закарстованість. Це пов'язано, по-перше, з розвитком піщано-глинистих покривних відкладень в районах поширення вапняково-мело-мергельних порід верхньої крейди, а також глинистих і лесовидних суглинних - в районах, складених вапняками неогену, по-друге, з вкрай незначними площами виходів на поверхню карбонатних порід докембрію і окремих штоків верхнього девону і, по-третє, посиленням посушливості клімату в Нижньому Подніпров'ї, слабким розвитком місцевого стоку і незначним ерозійним розчленуванням території.

Незважаючи на це, локальний розвиток поверхневих карстових форм, що вказує на існування глибинних систем тріщинних порожнин, які перерозподіляють підземний стік, має місце в ряді районів. Наявність цих форм підкреслює вплив карсту на надлишкову обводненість таких систем, на можливі втрати поверхневого стоку, а також на виробництво гірничо-прохідницьких робіт в карбонатних породах, на руйнування окремих ділянок, складених галогенними товщами, і на експлуатацію різних гідротехнічних споруд, зокрема, зрошувальної мережі в посушливій зоні.

Розчленування рельєфу поверхні Нижнього Дніпра в цілому незначно і досить одноманітно. Для виникнення і розвитку карсту особливо важлива глибинна ерозія, що визначила собою часткове розтин карсту порід, що входять до складу геологічного розрізу великих платформних структур і їх елементів.

У Нижньому Дніпрі переважає також незначне розчленування 0 - 25 м, 0 - 50 м з рідкісними ділянками, де глибини уріз перевищують 50 м. Найбільше розчленування рельєфу має місце в басейні р. Інгульця, де глибина урізу становить 0 - 50 - 75 м, досягаючи місцями 100 м.

Умовні позначення ґрунтового покриву (рис.2.2) наведені у додатку Б.1.



Рис. 2.2 – Ґрунти території басейну Дніпра (виділений суббасейн Нижнього Дніпра) [24]

## 2.4 Рослинність

При вивченні процесів формування стоку велика увага повинна приділятися не тільки таким факторам, як рельєф, геологічна будова, ґрунту, але також і рослинним покривом. Характер і стан рослинного покриву мають дуже важливе значення для попередження розвитку процесів ерозії. Рослинність своїм корінням скріплює ґрунт, створює шорстку поверхню, механічно перешкоджаючи збільшенню швидкості стікала вода, і цим самим створює велику водопроникність, сприяючи переведення частини поверхневого стоку в підґрунтовий.

Природна рослинність в Україні займає порівняно невелику площу. Це спричинено значною господарською освоєністю території. Ліси та лісо вкриті площі займають 104 тис. км<sup>2</sup>, або 17,3%. Площа, зайнята власне лісами, становить 94,3 тис. км<sup>2</sup>, або 15,6% території, чагарниками – 3,1 тис.км<sup>2</sup>, полезахисними лісосмугами – 4,4 тис.км<sup>2</sup>.

Рослинність басейну Нижнього Дніпра характеризується рядом своєрідних рис, що залежать, головним чином, від фізико-географічних особливостей басейну.

Територія Нижнього Дніпра розташована в степовій зоні. Територія займає південно-східні частини Придніпровської височини та Придніпровської низовини, а також центральну частину Причорноморської низовини.

У південній частині Степу природних лісів практично немає (за винятком заплавної і плавневих). На гирлових ділянках зустрічаються тополя, верба. У долинах річок поширеним видом деревної рослинності є лох сріблястий. Майже половина лісів в Україні мають штучне походження; у степовій зоні їх частка сягає 58%. Лісові смуги в південній частині Степу



переважно складаються з акації, дуба. Очерет є домінантним видом у плавневих масивах Дніпра.

Степова рослинність збереглася лише на схилах балок і річкових терас. Відноситься вона до типу справжніх степів, в травостої яких переважають ксерофітні вузьколисті дерновинні злаки. Справжні степи поділяються на різнотравно-типчаково-ковилові і типчаково-ковилові.

Лука в басейні степового Дніпра представлені заплавними і низинними.

Заплавні луки зустрічаються в заплавах Дніпра і Інгульця. У заплаві Дніпра вони займають близько 30% її площі. У заплавах інших річок велика частина їх розорана.

Остеповані луки зустрічаються досить рідко і приурочені до найбільш піднесеним ділянкам заплави.

Справжні луки найширше представлені в заплаві Дніпра, де займають 10% її площі. У заплаві Інгульця їх набагато менше.

Умовні позначення рослинного покриву (рис.2.3) наведені у додатку Б.2.

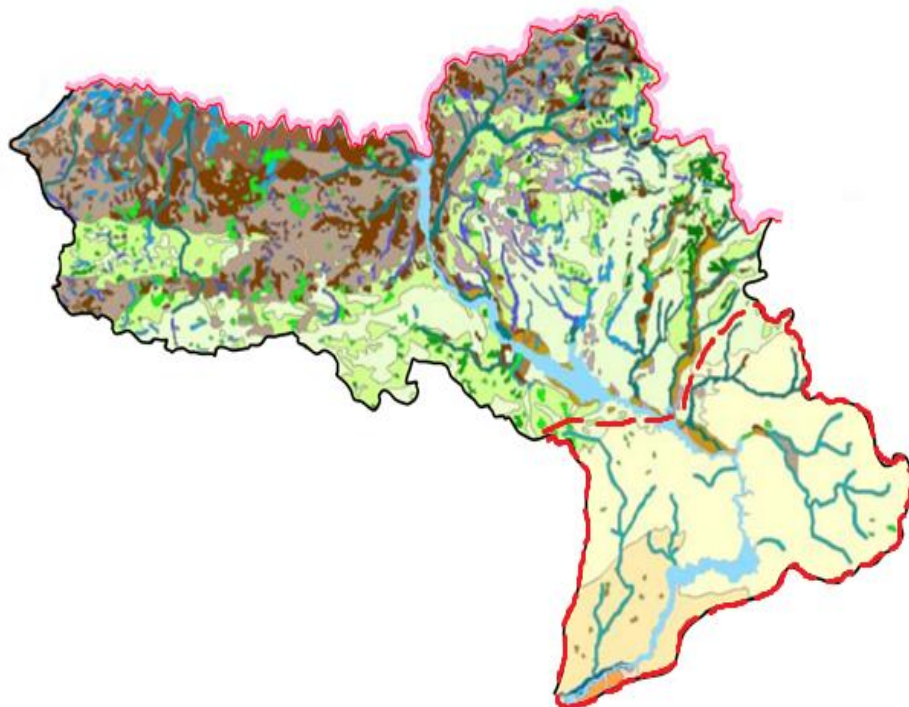


Рис. 2.3 – Рослинність території басейну Дніпра (виділений суббасейн Нижнього Дніпра) [24]

## 2.5 Опис кліматичних умов

Кліматичні умови відіграють головну роль у гідрологічному режимі річок. Географічне положення України, особливості атмосферної циркуляції та місцеві умови визначають те, що переважна частина її території характеризується помірно континентальним кліматом.

Опис кліматичних умов району досліджуваної території наданий за літературними джерелами [28-31], а середньо багаторічні метеорологічні та агрометеорологічні характеристики – [32, 33].

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.

Характер і інтенсивність основних кліматоутворюючих факторів істотно розрізняється по сезонах року.

Перехід до холодного періоду пов'язаний з початком вторгнення арктичного повітря, що обумовлює різкі й значні похолодання, перші морози і сніг. Повторюваність і інтенсивність цих вторгнень поступово збільшується, досягаючи максимуму взимку.

Перехід до весняного сезону характеризується підвищенням ролі радіаційного фактора і посиленням впливу підстильної поверхні. Процеси адвекції слабшають у міру зменшення температурних контрастів між морем і

сушею. У квітні і травні ще спостерігаються повернення холоду, викликані вторгненням арктичного повітря.

Влітку вторгнення арктичного повітря майже повністю припиняються. Влітку над територією переважає антициклональна погода з великою кількістю ясних і сонячних днів. Це сприяє подальшій трансформації і прогріванню повітря. У розмитих малорухомих областях підвищеного і зниженого тиску розвивається термічна конвекція, активізується грозова діяльність. Основні опади випадають з фронтальних розділів, пов'язаних з циклонами і улоговинами. Вони викликають рясні зливи і зниження температури.

Протягом осіннього сезону азорський антициклон повністю руйнується. Замість нього в жовтні-листопаді починає розвиватися сибірський антициклон. Циклони приносять вологе повітря з Атлантики і Середземного моря, обумовлюючи на більшій частині території похмуру з дощами погоду.

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

Температура повітря. Температурний режим Нижнього Дніпра визначається особливостями атмосферної циркуляції, радіаційними чинниками і характером підстильної поверхні.

У зимовий час істотний вплив на формування температурного режиму надає атмосферна циркуляція.

Найбільш низькі температури повітря спостерігаються повсюдно в січні. На півдні вона становить  $-2,0$ . Починаючи з березня температура повітря на тлі неодноразових знижень починає рости, спочатку повільно, а потім інтенсивніше, досягаючи максимальних значень в період з квітня по травень.

Середні температури січня змінюються з північного сходу на південний захід від  $(-7,5^{\circ}\text{C}) - (-8,0^{\circ}\text{C})$  до  $-2,0^{\circ}\text{C}$ .

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  $+18,0^{\circ}\text{C}$  на північному заході до  $+24^{\circ}\text{C}$  – на півдні). Найвища літня температура (абсолютний максимум) становить  $+40,0^{\circ}\text{C}$  у південній степовій зоні.

Відповідно до змін атмосферної циркуляції і глобального потепління клімату, за даними багаторічних досліджень, результати яких узагальнені в сучасній монографії «Клімат України» встановлено, що за віковий період спостережень відмічається підвищення середньорічної температури повітря: у степовій зоні – на  $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$ .

В роботі М.І.Кульбиди, М.Б.Барабаш та ін. [28], при аналізі температурного фону всіх місяців року і середньорічної температури повітря в Україні встановлено, що за віковий період часу ХХ сторіччя спостерігалось підвищення середньорічної температури повітря: в зоні мішаних лісів і лісо-степовій на  $0,8-1,1^{\circ}\text{C}$ , в степовій – на  $0,3-0,5^{\circ}\text{C}$ , в середньому по території – на  $0,8^{\circ}\text{C}$ .

В період сучасних кліматичних змін в середньому за рік спостерігається підвищення температури повітря на  $0,8^{\circ}\text{C}$ .

Середня багаторічна річна температура повітря становить  $8,0 - 10,0^{\circ}$ .

Глобальні зміни клімату, що спостерігаються в останні десятиріччя, не могли не позначитися на температурі повітря в Україні та прилеглих районах сусідніх країн. Спостерігається підвищення середньої річної температури. За останні 100 років вона підвищилася на  $0,7 - 0,9^{\circ}\text{C}$ . Найбільші зміни відбулися в останні 20 – 30 років.

Дані середньої місячної та річної температури повітря наведені в дод.В, табл.В.1.

З таблиці видно, що середня річна температура повітря на метеорологічних станціях змінюється в напрямку від центральної частини зі значенням  $8,0^{\circ}\text{C}$  (метеостанція Кіровоград) до південної частини території -  $8,5^{\circ}\text{C}$  (метеостанція Гуляй Поле).

Опади. Атмосферні опади грають істотну роль в процесі формування стоку. В степу найбільші значення опадів зміщуються з липня на червень, де спостерігається два максимуми - в грудні та червні. 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 дод.В, табл. В.2.

В холодний період року середня кількість опадів на метеостанціях змінюється від центральної частини – 167 мм (метеостанція Кіровоград) до південної частини – 212 мм (метеостанція Губиниха). В теплий період року середня кількість опадів на метеостанціях змінюється в напрямку від центральної частини території, значення якого дорівнює 332 мм (метеостанція Кіровоград) до північної частини – 358 мм (метеостанція Чигирин).

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

В результаті в холодний, теплий періоди та середня кількість опадів на метеорологічних станціях майже однакова. В теплий період року максимум спостерігається в північній частині, де середня кількість опадів дорівнює 358мм (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).

Сніговий покрив. Сніговий покрив та інтенсивність сніготанення є визначальними у формуванні весняного водопілля. Взимку на розподіл снігу на водозборах впливають фактори підстильної поверхні такі, як висота над рівнем моря, форми рельєфу, крутизна та експозиція схилів, залісеність та ін. Величини снігозапасів та їх розподіл на поверхні водозбору визначаються метеорологічними умовами періоду снігонакопичення (кількістю опадів та температурною характеристикою, вітровим режимом), а також рельєфом місцевості, розподілом рослинності та ін.

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

В дод. В, табл. В.3 наведені дати першого та останнього заморозку та тривалість без морозного періоду. З таблиці видно, що дата першого та останнього заморозку відбувається в середньому 10.X 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 (дод.В, табл. В.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.В.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.ІІ, де середнє квадратичне відхилення дорівнює 29 (метеостанція Чигирин) до 6.ІІІ – 23 (метеостанція Губиниха).

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 (дод. В, табл.В.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.) (дод.В, табл.В.5).

Вітровий режим. Вітровий режим на досліджуваній території визначається змінами атмосферного тиску, трансформацією повітряних мас, циркуляційними процесами, орографією, розташуванням господарських угідь, населених пунктів, великих міст. Напрямок і швидкість вітру протягом року постійно змінюються залежно від впливу названих чинників. Дані по середній річній та місячній швидкості вітру наведені у дод.В, табл. В.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).

Промерзання ґрунтів. Глибина промерзання ґрунтів є одним з показників інфільтраційної спроможності ґрунтів під час формування і розвитку весняного водопілля на рівнинних річках України. Ступінь промерзання ґрунтів на рівнинній Україні неоднорідна по території і

змінюється у широтному напрямку при закономірній зміні всього комплексу ландшафтних і кліматичних характеристик.

За даними [28,32], на досліджуваній території в районах Вознесенська, Херсона, Баштанки виділяються ділянки відносно глибокого промерзання ґрунтів з максимальними значеннями до 80-110 см. Дані по середнім глибинам за областями наведені у дод.В, табл. В.7. Максимальна глибина промерзання ґрунтів спостерігається у лютому, максимальні її значення змінюються від півночі на південь від 35-38 см (Кіровоградській області) до 21-23 см (Запорізька область) [32].

Вологість повітря є важливим елементом режиму зволоження. Вона залежить від циркуляційних процесів і особливостей підстильної поверхні, і характеризується абсолютною і відносною вологістю і недоліком насичення.

Абсолютна вологість змінюється відповідно до зміни температури повітря. Найменших значень вона досягає в січні-лютому, де в зв'язку з частими вторгненнями холодного арктичного повітря її величина коливається від 4,5 до 5,0 мб. Максимальних значень абсолютна вологість повітря досягає в липні. На всій території вона розподіляється одноманітно і коливається від 15,0 до 16,0 мб.

## 2.6 Водний режим весняного водопілля

Водний режим визначається кліматичними, гідрогеологічними, орографічними та гідрографічними особливостями території і характеризується досить вираженою весняною повінню і літньо-осінньо-зимової меженню, яку порушували дощовими паводками і відлигами. Водний режим весняного водопілля досліджуваної території наданий за літературними джерелами [10, 26, 27].



Характер водного режиму річок більшою мірою визначається особливостями водопілля, його тривалістю і частковою участю талих вод в річному стоці, що у свою чергу зумовлюється типом живлення річок.

Річки району мають змішане живлення, причому в північній частині території роль талого стоку у формуванні річного стоку значно більше, ніж у південній. Часткова участь дощових вод в річному стоці в південній частині території порівняно з північної помітно збільшується. Співвідношення снігового і дощового живлення змінюється в різні за водністю 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 Нижньодніпровського гідрологічного району характеризуються високою весняною повинню і низькою річною меженню. Літні дощові паводки зазвичай малоінтенсивні і тривають 10 – 20 днів. Коливання низьких рівнів залежать не тільки від водності року, але і в значній мірі від регулюючого впливу гребель ГЕС і водосховищ. Малі річки влітку пересихають від кількох днів до 6 – 8 місяців і більше (в залежності від водності року), а взимку промерзають до 2 – 3 місяців.

У період літньо-осінньої та зимової межені на річках спостерігається підвищення рівня води внаслідок підпору водної рослинності в період відкритого русла і льодових утворень в зимовий час. Це особливо відчутно на річках Нижньодніпровського гідрологічного району.

Зона характеризується посушливим кліматом, несталим зимовим режимом з нестійким сніговим покривом у зв'язку з частими відлигами, які призводять до часткового або повного танення снігу і формування зимових паводків різної інтенсивності та водності. За рахунок таких умов весною часто формуються невисокі водопілля з максимальними витратами води, часто нижчими за зимові паводки у січні-лютому.

Частка весняного стоку у річному коливається у широких межах - від 18-36 % до 70-94 %, які основну кількість води отримують весною під час сніготанення.

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.

Максимальні витрати води, за винятком тих років, коли вони можуть сформуватися у січні – лютому, відбуваються в середньому в період другої декади березня. Тривалість водопіль знаходиться в межах 40-50 днів, а в басейні Орелі – і до 66 діб.

В останні роки (2007, 2008, 2009 рр.) на значній частині території крайнього півдня України накопичення снігозапасів практично не відбувалося, що призвело до невиражених весняних водопіль на річках або зовсім до їх відсутності.

Гідрографи стоку річок території для характерних років представлені на рис. 2.4-2.7, а характеристики весняного водопілля – в табл. 2.1.

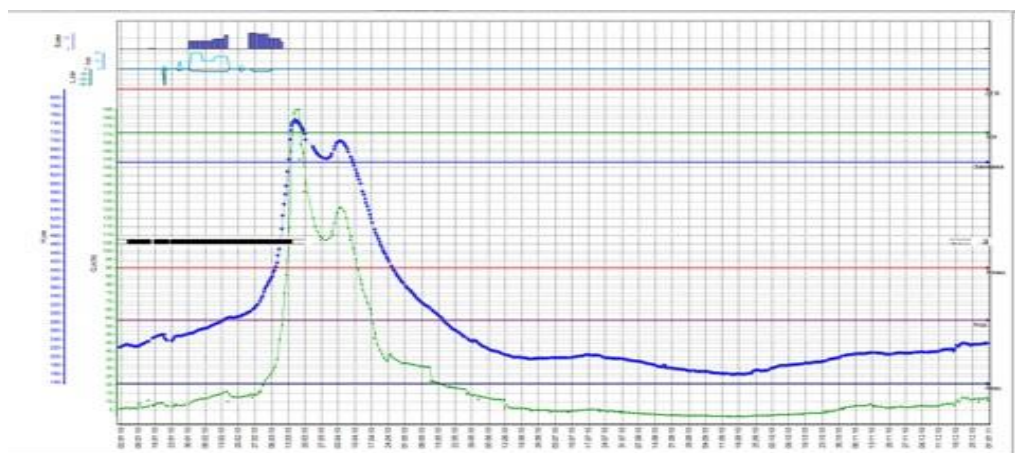


Рис. 2.4 – Гідрограф р. Оріль – метеостанція Царичанка за 2010 рік (багатоводний рік)

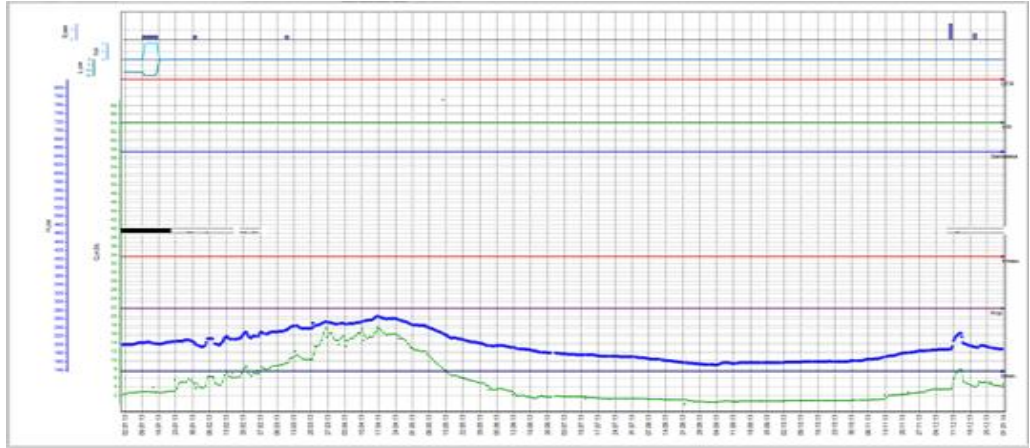


Рис. 2.5 – Гідрограф р. Оріль – метеостанція Царичанка за 2013 рік  
(маловодний рік)

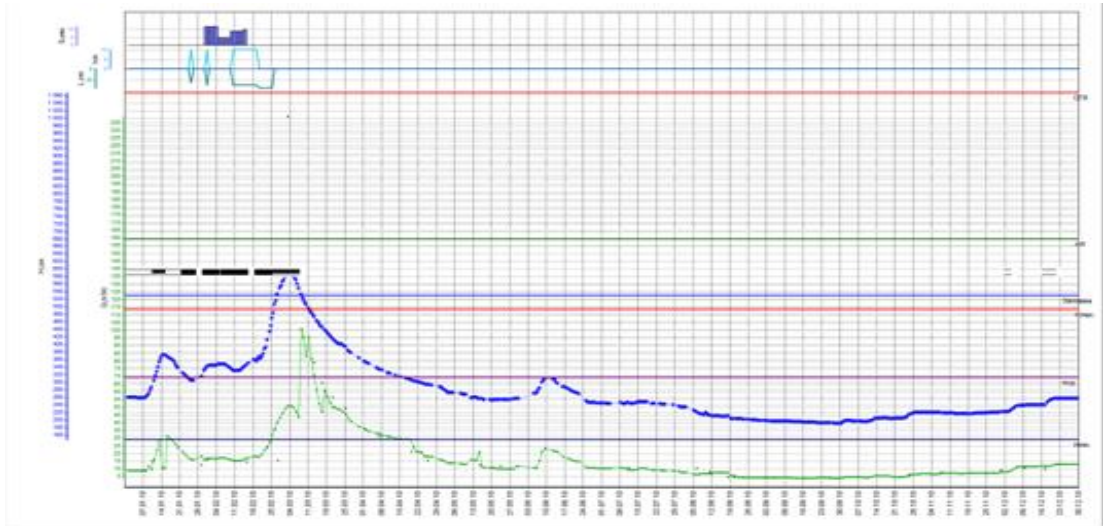


Рис. 2.6 – Гідрограф р. Самара – метеостанція Кочеріжки за 2010 рік  
(багатоводний рік)

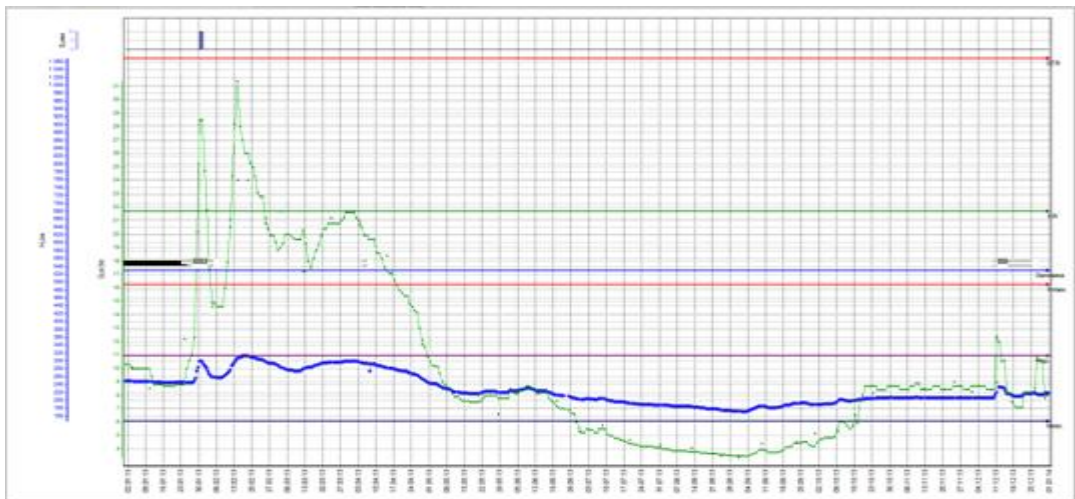


Рис. 2.7 – Гідрограф р. Самара – метеостанція Кочеріжки за 2013 рік  
(маловодний рік)

## 2.7 Гідрографічна мережа та гідрометеорологічна вивченість території басейну р. Дніпро

Дніпро - типова рівнинна річка. Від витoku до м. Дорогобужа русло звивисте, завширшки до 30 м. Нижче ширина долини збільшується до 3 - 10 км, русла - до 40 - 125 м. Нижче м. Києва долина асиметрична: праві схили круті й високі, ліві - низькі та пологі. Вздовж Придніпровської височини річка відхиляється на південний схід. Між Дніпропетровськом і Запоріжжям вона перетинає Український кристалічний щит. Нижче від Запоріжжя Дніпро тече по Причорноморській низовині. У гирлі річка утворює численні рукави й притоки. Різниця висот витoku і гирла Дніпра становить 220 м, середній похил водної поверхні річки - 0,10 м/км. Переважна більшість річок басейну Дніпра - це типові рівнинні річки з весняним водопіллям і меженним періодом, коли річки міліють і багато з них пересихають, у тому числі й відносно великі - Оріль, Самара, Вовча та інші.

Правобережні і лівобережні притоки нижньої частини Дніпра (Орель, Самара, Вовча, Кінська, Інгулець, Базавлук, Мокра Сура) беруть початок на південно-східних схилах Придніпровської і північно-західних схилах Приазовської височини і течуть по Причорноморській низовині. Ширина русел цих річок дорівнює 10 - 20 м, глибина - 0,5 - 1,5 м і лише на р. Інгулець досягає 8 м, швидкість течії влітку не перевищує 0,1 м/с. У теплий період заростають рослинністю, в окремі роки пересихають, утворюючи ланцюги плес.

Основні гідрографічні характеристики річок суббасейну Нижнього Дніпра наведені в дод.Д., табл. Д.1.

На території, яка розглядається розташовані 25 постів. По території пости розташовані досить рівномірно (рис. 2.8). Гідрологічні пости та їх періоди спостережень наведені у дод.Д., табл. Д.2.

За дод.Д, табл. Д.2 діапазон водозбірних площ охоплює басейни за розміром від 120 км<sup>2</sup> (р. Вовча – х. Артемівський) до 19800 км<sup>2</sup> (р. Самара – смт Кочеріжки) з періодом спостережень з 1926 по 2010 рр. Кількість років спостереження знаходиться в діапазоні від 18 років (р. Вовча – смт Покровське) до 83 років (р. Вовча – смт Васильківка)( дод.Д, табл. Д.2).

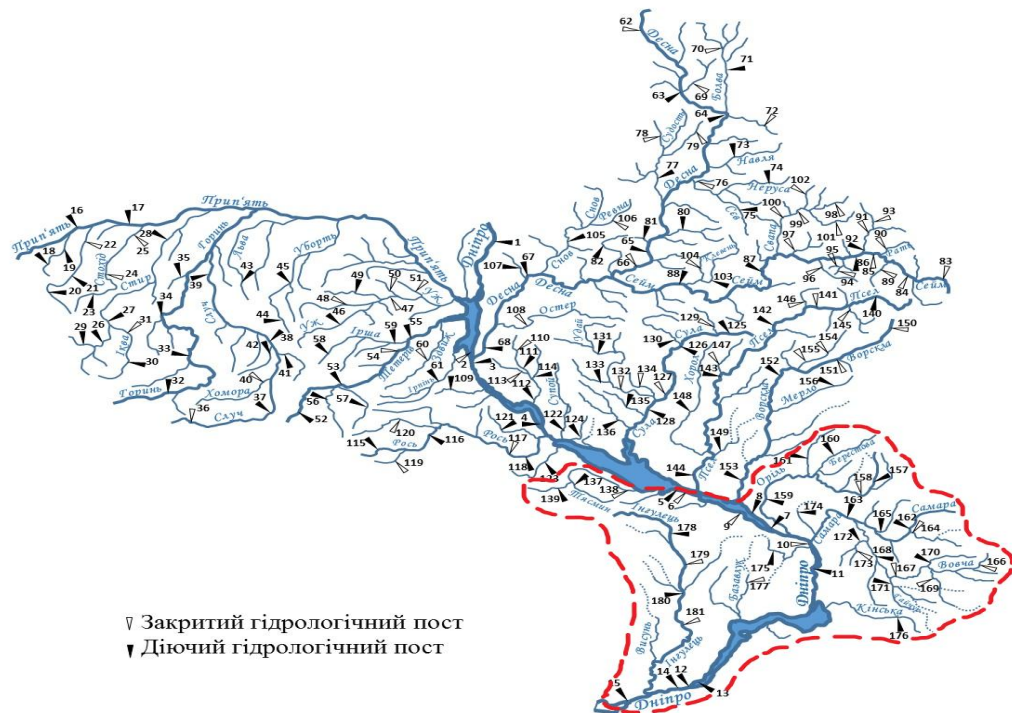


Рис. 2.8 - Карта-схема розташування гідрологічних постів в басейні Дніпра  
(виділений суббасейн Нижнього Дніпра)

Таблиця 2.1 – Характеристики весняного водопілля (станом на 2015 рік)

№ з/п	Річка - пост	F, км <sup>2</sup>	Дата			Тривалість повені, доба	Найбільша строкова витрата, м <sup>3</sup> /с	Сумарний шар стоку за повінь, мм	Об'єм стоку за повінь, млн.м <sup>3</sup>	Стік за повінь, % від стоку за рік
			початку повені	найбільшої строкової витрати	закінчення повені					
142	Оріль - с.Степанівка	627	26.02	07.03	08.04	47	17,1	25	16,0	48
143	Оріль - с.Чорноглазівка	1600	01.03	15.03	24.04	55	71,5	31	50,6	76
144	Оріль- смт Царичанка	9100	02.03	23.03	04.05	64	125	23	212	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	48	19,7	12	17,4	44
148	Самара - с.Кочережки	19800	26.02	15.03	28.04	62	109	11	224	48
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	10.03	14.04	46	21,2	17	15,5	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	25.02	11.03	16.04	51	113	11	128	44
154	Мокрі Яли- х. Грушівський	2660	27.02	10.03	11.04	43	25,5	5,8	15,3	45
155	Солона - с.Новопавлівка	680	24.02	06.03	11.04	41	13,1	17	11,5	34
156	Гайчур - с.Андріївка	2100	24.02	10.03	13.04	48	29,8	10	21,8	53
157	Мала Терса - с.Троїцьке	750	25.02	08.03	10.04	43	9,61	12	8,94	46
158	Середня Терса- ж.Роздолля	269	25.02	11.03	08.04	44	14,8	19	-	70

## Продовження таблиці 2.1

№ з/п	Річка - пост	F, км <sup>2</sup>	Дата			Тривалість повені, доба	Найбільша строкова витрата, м <sup>3</sup> /с	Сумарний шар стоку за повінь, мм	Об'єм стоку за повінь, млн.м <sup>3</sup>	Стік за повінь, % від стоку за рік
			початку повені	найбільшої строкової витрати	закінчення повені					
159	Кільчень-с.Олександрівка Перша	376	25.02	07.03	06.04	40	6,85	16	5,92	39
160	Мокра Сура-сміт Кринички	389	23.02	04.03	31.03	36	11,3	9,8	3,89	43
161	Кінська - м.Пологи	353	22.02	05.03	04.04	40	4,92	12	4,08	25
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



В табл. 2.2 представлено розподіл водозборів по тривалості спостережень і величині їх площ (станом на 2015 рік).

Як видно з табл.2.2, найбільша кількість гідрологічних постів (40% від загального їх числа), мають величини площ водозборів в діапазоні до 5000км<sup>2</sup>. Кількість постів, розташованих на річках з площами водозборів 5001–10000 км<sup>2</sup> становить 16 %, 10001 – 20000 км<sup>2</sup> - 8%. Важливим показником гідрологічної вивченості території є тривалість стокових спостережень на річках, яка змінюється в діапазоні від 18 років (р. Вовча – смт Покровське) до 78 (р. Вовча – смт Васильківка). На досліджуваній території 18 постів (72 % від загальної кількості) мають ряди спостережень більше 50 років; на 1 посту (4 %) гідрологічні ряди також достатньо тривалі і становлять 30–50 років. Ряди тривалістю 21–30 років є на 4 гідрологічних постах (16 %), а менше 20 років – на 2 постах (8%) (табл.2.2).

Таблиця 2.2 - Розподіл водозборів по тривалості спостережень і величині їх площ (станом на 2015 рік)

Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Кількість гідрологічних постів з періодом спостережень							Всього	%
	≤ 10	11 – 20	21 – 30	31 - 40	41 - 50	≥ 50			
≤ 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
101 – 1000	-	-	3	-	-	6	9	36	
1001 – 5000	-	1	1	1	-	7	10	40	
5001 – 10000	-	1	-	-	-	3	4	16	
10001 – 20000	-	-	-	-	-	2	2	8	
20001 – 50000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Всього	-	2	4	1	-	18	25	100	
%	-	8	16	4	-	72	100		



З табл. 2.3 видно, що до категорії дуже великих річок (площа понад 10000 км<sup>2</sup>) належать 8% річок з періодом спостережень більше 50 років на 2 постах; до категорії великих річок (площа від 1000 км<sup>2</sup> до 10000 км<sup>2</sup>) належать 56 % річок, які мають період спостережень на 10 постах більше 50 років; до категорії середніх річок (площа від 100 км<sup>2</sup> до 1000 км<sup>2</sup>) належать 36 % річок, які мають на 6 постах період спостережень більше 50 років; в категорії малих річок (площа від 10 км<sup>2</sup> до 100 км<sup>2</sup>) річки відсутні.

Таблиця 2.3 - Розподіл водозборів по тривалості спостережень і величині їх площ (станом на 2015 рік) за вимогами ВРД ЄС

Категорія річок	F, км <sup>2</sup>	Кількість гідрологічних постів з періодом спостережень							Всього	%
		≤ 10	11 – 20	21 – 30	31 - 40	41 - 50	≥ 50			
Малі	10 – 100	-	-	-	-	-	-	-	-	
Середні	100 – 1000	-	-	3	-	-	6	9	36	
Великі	1000 – 10000	-	2	1	1	-	10	14	56	
Дуже великі	понад 10000	-	-	-	-	-	2	2	8	
	Всього	-	2	4	1	-	18	25	100	
	%	-	8	16	4	-	72	100		

У метеорологічному відношенні досліджувана територія Нижнього Дніпра містить мережу метеостанцій і постів, що представлена 25 постами та 44 станціями, які ведуть спостереження за різними метеорологічними характеристиками. Дані пункти розташовані в басейні Нижнього Дніпра на території України. Список метеостанцій і постів, складений у відповідності з програмою ГІС АРМ, розробленою Українським Гідрометеорологічним Центром, а також відомості про них і дані про періоди спостережень за

основними метеорологічними елементами наданий в додатку Д (табл.Д.2, Д.3).

До метеорологічних даних, які у подальшому використовуються в роботі, відносяться матеріали спостережень за температурою повітря, атмосферними опадами і сніговим покривом, за глибиною промерзання ґрунтів, за запасами води в сніговому покриві та за датами утворення та руйнуванням снігового покриву, а також за тривалістю безморозного періоду.

Схема розташування мережі метеорологічних спостережень наведена на рис.2.9. Як видно з рисунка, розміщення метеостанцій і постів загалом досить щільне і рівномірне; лише в окремих районах досліджуваної території (в басейні Орелі) спостерігається деяка розрідженість пунктів.

Аналіз, проведений відносно тривалості спостережень за основними метеорологічними елементами, показав, що вивченість території у цьому відношенні теж є доброю. В додатку Д (табл.Д.3) наведені дані про періоди спостережень з їх початку по 2015 рік.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що досліджувана територія у метеорологічному відношенні вивчена досить добре.

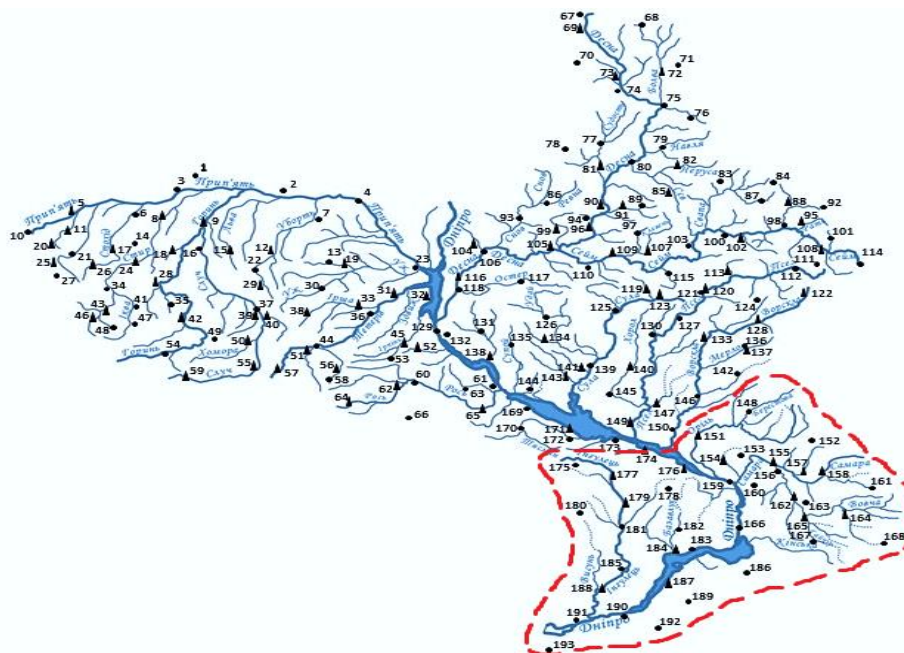


Рис. 2.9 - Карта-схема розташування метеорологічних станцій і постів в басейні Дніпра (виділений суббасейн Нижнього Дніпра)  
**3 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ  
 МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІЧОК**

### 3.1 Сучасний стан питання математичних моделей гідрологічного прогнозування

Математичне моделювання використовується для врахування фізичних змін характеристик водозборів за будь-яких зовнішніх змін [12,13,34-37].

Математична модель - це комплекс математичних рівнянь, дозволяють розрахувати кількісні характеристики гідрологічних явищ. Математичні моделі за класифікацією поділяються на детерміністичні (динамічні) і стохастичні (статистичні) (рис.3.1).

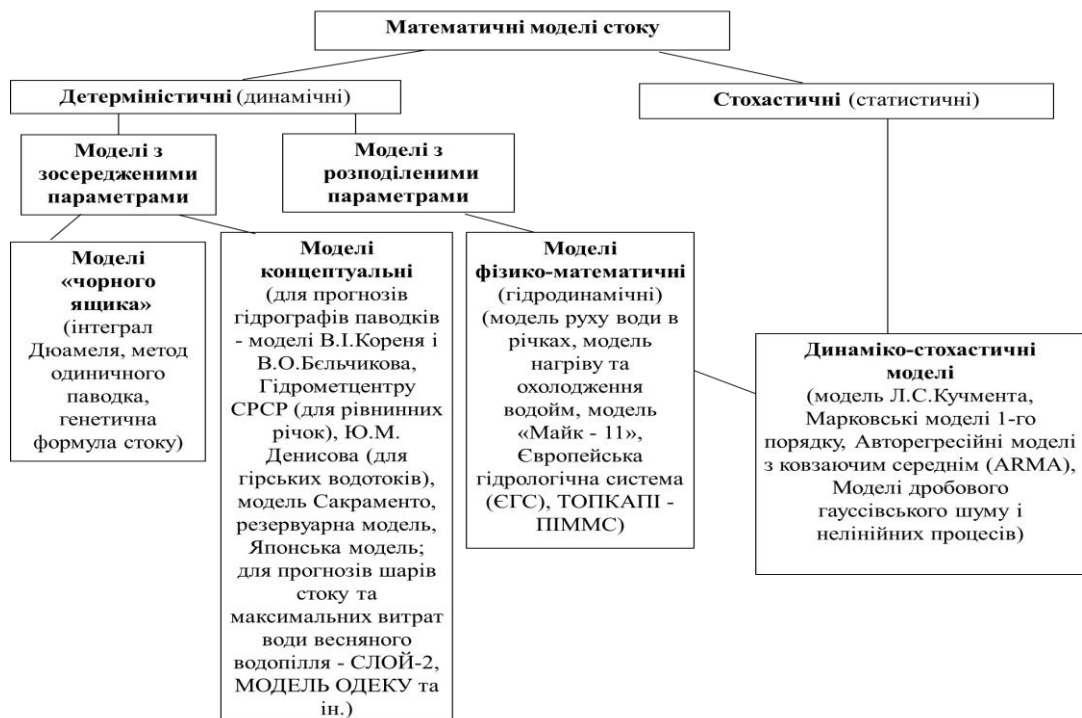


Рис. 3.1 – Схема класифікації та типізації математичних моделей

В детерміністичних моделях стоку широко використовуються методи

теорії ідентифікації – встановлення математичної моделі за даними спостережень через оператор перетворення. Детерміністичні (динамічні) моделі стоку діляться на:

- моделі з зосередженими параметрами, такі як моделі «чорного ящика», моделі концептуальні.
- моделі з розподіленими параметрами, до складу яких входять фізико-математичні моделі.

При стохастичному моделюванні основна увага приділяється відтворенню статистичних характеристик гідрологічних часових рядів без спроб моделювання співвідношень вхід-вихід [34]. Стохастичні (статистичні) моделі стоку включають до себе динаміко-стохастичні моделі.

Моделі із зосередженими параметрами включають до себе параметри, які характеризують вплив гідрометеорологічних факторів на басейн. В моделях з розподіленими параметрами враховуються складові, які описують умови формування стоку по площі водозбору.

### 3.1.1 Математичні моделі в короткострокових гідрологічних прогнозах

Для короткострокових прогнозів гідрографів стоку весняного водопілля та дощових паводків використовуються детерміністичні та стохастичні математичні моделі. В даному пункті здійснено огляд вітчизняних та зарубіжних математичних моделей для короткострокових прогнозів гідрографів стоку річок.

Моделі типу «чорного ящика» використовують повністю емпіричні підходи і не призначені для моделювання процесів, що відбуваються на водозборах та визначення їх реакції, а встановлюють тільки відповідність потоків вологи на вході в басейнові системи та вихід з них [12,13,35,34]. Схема системи такої математичної моделі наведена на рис. 3.2.

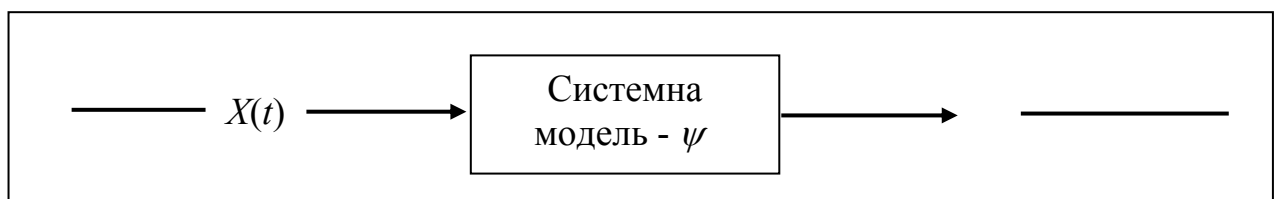


Рис. 3.2 – Схема системи моделі «чорний ящик»

До моделі «чорний ящик» відносяться моделі розрахунку та прогнозу гідрографа стоку, такі як:

- інтеграл Дюамеля

$$Q(t) = \int_0^t q(t - \tau)r(\tau)d\tau \quad (3.1)$$

- метод одиничного паводка, який ґрунтується на використанні закону нерозривності маси в такій формі

$$Q_t = \int_0^t q(1)r(\Delta t)dt \quad (3.2)$$

- генетична формула стоку

$$Q(t) = \int_0^t \varepsilon q(t - \tau) \frac{\partial f}{\partial \tau} d\tau \quad (3.3)$$

В концептуальних моделях для короткострокових прогнозів гідрографів дощового та тало-дощового стоку рівнинних річок використовують такі математичні моделі, як:

- модель Гідрометцентру СРСР - використовується концептуальний підхід для визначення сніготанення, втрат і добігання води. Розрахунок в моделі ведеться за такими основними етапами як, надходження води на водозбір, який поділяється на два способи розрахунку та сумарні втрати стоку і надходження води в руслову мережу. В моделі розрахунок сумарних

втрат стоку та надходження води в руслову мережу ведеться за наступною формулою вигляду [12,13,34]

$$q = h_{\Pi} F_{\text{Д}} , \quad (3.4)$$

а коефіцієнт водовіддачі розраховується за виразом

$$F_{\text{Д}} = 1 - \exp \left[ - \frac{t}{\sum h_{\Pi}} / P_m \right] ; \quad (3.5)$$

- модель В.І.Кореня і В.О.Бельчикова - модель використовується для розрахунку талого, дощового та тало-дощового стоку [12,13,38-40]. Розрахунок в цій моделі ведеться за такими основними етапами як, надходження води на поверхню ґрунту, промерзання та від танення ґрунту, втрати на поглинання в ґрунт, внутрішньогрунтовий стік та відтік вологи, поверхневий стік. Поверхневий стік визначається з урахуванням поверхневої затримки та розраховується окремо для лісу та поля. Для лісу розрахунок стоку ведеться за формулою вигляду

$$q_{\text{л}} = \begin{cases} (h_{\text{В}} - I)(1 - s_I), & I < h_{\text{В}}, \\ 0, & I \geq h_{\text{В}}. \end{cases} \quad (3.6)$$

Для поля поверхневий стік розраховується за виразом

$$q_{\text{П}} = \begin{cases} (h_{\text{В}} - I)s_I f_k + h_{\text{В}}s(1 - f_k), & I < h_{\text{В}}, \\ h_{\text{В}}s(1 - f_k), & I \geq h_{\text{В}}. \end{cases} \quad (3.7)$$

Для короткострокових прогнозів гідрографів дощового та тало-дощового стоку гірських річок використовують такі математичні моделі, як

модель для прогнозу дощового стоку гірських річок (модель із зосередженими параметрами, в якій водозбір представляється у вигляді лінійної системи з трьома умовними ємностями), модель тало-дощового стоку гірських річок (автор Ю.М. Денисов) (модель дає можливість розрахунку та прогнозу гідрографів тало-дощового стоку гірських річок [12,13,41]).

Також до типу концептуальних моделей належать математичні моделі для короткострокового прогнозу гідрографів стоку дощових паводків, які розроблені і використовуються за кордоном, у тому числі на практиці ВМО [34,36]. До таких моделей відносяться:

- модель Сакраменто - включає складну послідовність розрахунку вологості ґрунту, яка призначена для визначення значень об'ємів річкового стоку [42];

- Резервуарна модель (танк-модель) - модель представляє ґрунтову товщу у вигляді системи резервуарів, розташованих один над іншим [43];

- Стенфордська модель - побудована на основі детального опису елементарних процесів стокоутворення на водозборі [44];

- модель Д.Доуді і О'Доннела - модель запропонована для малих і середніх водозборів, вихідними даними якої є опади, випаровування та стік, які визначаються за методом оптимізації за однакові проміжки часу [45];

- модель Шеньсі - у моделі передбачається, що формування дощового стоку відбувається в умовах вологого і сухого клімату [45];

- модель Лічі, Доуді і Бергмана - призначена для малих водозборів (з площею басейну до 50 км<sup>2</sup>) і включає 8 параметрів, що визначаються шляхом оптимізації [45];

- модель Д.Є.Неша - модель із зосередженими параметрами для малих водозборів в якій вважається, що ґрунт складається з декількох горизонтальних шарів, вологість яких після проходження дощу дорівнює польовій вологоємності [45].

До гідродинамічного (фізико-математичного) типу моделей (моделі вищого рівня), які враховують фізичну суть всього гідрологічного циклу явища у межах річкових водозборів та засновані на рівняннях математичної фізики і гідродинаміки належать такі моделі як:

- Європейська гідрологічна система (ЄГС) - являє собою систему диференціальних рівнянь, які описують фізичні процеси в басейні [46];
- МІКЕ 11 - професійний програмний комплекс для моделювання течії та для моделювання детального аналізу та проектування систем річок і каналів [47];
- Розподілена гідрологічна модель ТОПКАПІ-ІПММС (Інституту проблем математичних машин і систем НАН України) – модель побудована на основі використання ПС-технологій обробки просторових даних та базується на використанні рівняння «кінематичної хвилі» [48].

До стохастичних математичних моделей при прогнозуванні стоку в реальному масштабі часу і для опису рядів опадів використовують такі види моделей як, Марковські моделі 1-го порядку (модель для імітації місячного, сезонного або річного об'ємів стоку, коли величина стоку за будь-який період визначається стоком за попередній період і випадковим імпульсом [49]), Авторегресійні моделі з ковзаючим середнім (ARMA) (моделі використовуються для того, щоб змоделювати послідовні штучні стокові ряди за допомогою методу Монте-Карло [50]), Моделі дробового гауссівського шуму і нелінійних процесів (моделі, які можуть відтворювати тривалі угруповання (низькочастотні) елементів [51]).

Для уточнення методів розрахунку та прогнозів характеристик максимального стоку використовують динаміко-стохастичну модель, таку як модель Л.С.Кучмента, яка дозволяє описувати можливі зміни метеорологічних впливів на ньому і фізичні процеси на водозборі, що відбуваються в результаті цих впливів [52].



Також існують концептуальні моделі з напіврозподіленими параметрами для прогнозу надходження припливу до водосховища, такі як модель ХАІ [53], модель NS [54] та модель МІХ [55].

Усі моделі добре працюють у зволжених районах Китаю; для напіввологих на напівпосушливих водозборів використовуються моделі, моделі, які враховують механізм утворення надлишкового стоку за рахунок перенасичення підстильної поверхні вологою; для водозборів в посушливих районах використовується лише модель NS. Модель МІХ перевершує модель ХАІ на основі надмірного насичення в посушливих регіонах за рахунок здатності генерувати інфільтраційний надлишок поверхневого стоку [56].

У сучасній оперативній практиці гідрологічного прогнозування мають впровадження в Українському гідрометеорологічному центрі ДСНС України (УкрГМЦ) науково-методичні розробки УкрГМІ, які об'єднані в прогностичні системи з програмним забезпеченням у вигляді прогнозно-моделюючих комплексів за видами прогнозів – комплекси «ДОЩ-3», «СЛОЙ-3» і групами річкових басейнів «Тиса», «Дністер», «Прут» (автори М.М. Сусідко, О.І. Лук'янець) (Сусідко, Лук'янець, 2009). Моделі дозволяють математично описувати фізичні процеси формування річкового стоку – снігонакопичення, зміни стану поверхні водозборів, сніготанення та стокоутворення в періоди весняних водопіль, а також процеси розвитку дощових паводків на основі моделювання процесів нерівномірного просторового розподілу опадів, стокоутворення, випаровування, фільтрації.

Для прогнозування щоденних, характерних декадних та місячних рівнів води призначена програма Істер, яка використовується для постів, що знаходяться на судохідній частині р. Дунай [57]. Програма передбачає випуск трьох різновидів прогнозів рівнів води. Джерелами вхідних даних є база оперативних даних Українського гідрометеорологічного центру та веб-сайти гідрометеорологічних служб придунайських країн.

### 3.2 Територіальні методи прогнозування характеристик весняного водопілля рівнинних річок

В умовах всебічного збільшення використання річкових вод стає необхідним обґрунтування методів територіального прогнозування шарів і максимальних витрат води весняного водопілля.

У 50-тих роках минулого сторіччя В.Д.Комаровим 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. Просторове прогнозування шарів стоку весняного водопілля річок України з картографічним представленням очікуваних величин ведеться в моделі М.М.Соседка „СЛОЙ-3”, яка зараз використовується в оперативній практиці Українського Гідрометцентру.

Територіальні методики використовуються для шарів чи об'ємів стоку весняного водопілля. Для прогнозування максимальних витрат води  $Q_m$  або модулів  $q_m$  весняного водопілля завжди використовують індивідуальні залежності  $Q_m = f(Y)$  для окремих річкових басейнів. О.С.Змійовою (1983) для побудови територіальної методики розроблена модель, в основу якої покладено одномодальний гідрограф у вигляді редуційної формули.

В Одеському державному екологічному університеті обґрунтований науковий метод територіального довгострокового прогнозування характеристик весняного водопілля рівнинних річок, строків проходження водопілля. Такий метод прогнозу опирається на попереднє встановлення типу водності майбутньої весни, визначення за регіональними залежностями прогнозних величин модульних коефіцієнтів характеристик весняного водопілля, їх представлення у картографічному вигляді, а також дає

можливість оцінити ймовірність настання прогнозних величин у багаторічному розрізі, незалежно від гідрологічної вивченості території [60,62].

Реалізація методу виконана авторами на прикладі окремих річкових басейнів України, в тому числі у вигляді програмних автоматизованих прогностичних комплексів (зокрема для басейнів Прип'яті, Десни з Сеймом, інших приток Середнього Дніпра), що розроблені на замовлення та використовуються в практичній діяльності Українського гідрометцентру ДСНС України.

### 3.3 Математичні моделі в довгострокових гідрологічних прогнозах

В практиці математичні моделі гідрологічних прогнозів застосовуються для річок з наявністю часових рядів спостережень на них.

Але при формуванні багатоводних водопіль, які іноді призводять до затоплень заплавної території, потрібна просторова оцінка їх характеристик в цілому для деяких регіонів, де мають місце й річки недостатньо вивчені у гідрологічному відношенні.

Для розрахунку і прогнозу об'єму весняного водопілля рівнинних річок використовується модель Ю.Б. Виноградова [58] та М.М. Сусідка – прогностичний комплекс «СЛОЙ» [59], «СЛОЙ-2» (Кочелаба, Окорский, Соседко, 1990) та комплексний метод територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного стоку деяких рівнинних річок України [60-62].

Математична модель «СЛОЙ» заснована на послідовному щодобовому розрахунку різних характеристик гідрологічних процесів у сніговому покриві і шарі ґрунтів для розглядуваної території. Визначення втрат води здійснюється за моделлю Є.Г.Попова [59]. Сумарний поверхневий приплив

разом з ґрунтовим надходженням вод чисельно дорівнює шару стоку весняного водопілля.

### 3.3.1 Математична модель «СЛОЙ-2»

Для прогнозу характеристик весняного водопілля рівнинних річок використовується сучасна модель «СЛОЙ-2» (автор М.М. Сусідко), яка призначена для дослідження динаміки зимово-весняних процесів на річковому водозборі та дозволяє виконувати довгострокове прогнозування характеристик весняного стоку [59]. Така модель використовується в різних ландшафтних умовах як для аналізу процесів снігонакопичення та сніготанення, так і для прогнозування шарів (об'ємів) стоку водопілля.

Модель широко використовується в оперативній практиці Українського гідрометцентру та дає можливість довгострокового просторового прогнозування шарів стоку весняного водопілля як для окремих водозборів, так і для річок всієї території України в цілому. При цьому прогнозні шари весняного стоку представляються у картографічному вигляді, а також у ймовірнісній формі за різними сценаріями розвитку весняних процесів.

Для прогнозу шарів стоку за водопілля з річкового водозбору в моделі «СЛОЙ-2» використаний воднобалансовий підхід. В моделі втрати талої води виражаються за допомогою коефіцієнту стоку та шару поверхневого утримання. Для розрахунку водовіддачі під час зимових відлиг в моделі використовуються коефіцієнт танення та показник водоутримуючої спроможності снігу [59]. Також в моделі «СЛОЙ-2» обґрунтовується можливість просторових гідрологічних прогнозів максимальних витрат води на основі встановлення графічних залежностей між характеристиками весняного водопілля.

Для водозборів з відсутніми даними спостережень розрахунок максимальних витрат води ведеться при відомих значеннях шарів стоку, площі та ухилу водозбору. Такий метод потребує наявності шарів стоку, які

не відомі на дату випуску прогнозу і підлягають їх завчасному прогнозуванню.

В моделі шар стоку за водопілля з водозбору розраховується як

$$h = \eta(S + P) - \Delta P + h_0, \quad (3.8)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт талого стоку;

$S$  – середні на водозборі запаси води в сніговому покриві перед початком сніготанення, мм;

$P$  – опади під час сніготанення, мм;

$\Delta P$  – середній шар затримання талого стоку, мм;

$h_0$  – шар базисного стоку, мм.

Модель СЛОЙ-2 веде прогноз шарів стоку за весняне водопілля двома способами.

*Перший варіант:* враховується показник степені залісеності водозбору.

*Другий варіант* базується на розрахунку шарів стоку на залісених та відкритих площах окремо, що призводить до оцінки загального шару паводкового стоку  $h$  (мм), як суми складових

$$h = (1 - f_l)\tilde{h}_n + f_l\tilde{h}_l - \Delta P + h_0, \quad (3.9)$$

де  $\tilde{h}_n$  – шар стоку з відкритих площ, мм;

$\tilde{h}_l$  – шар стоку з залісених площ, мм;

$f_l$  - залісеність, в частках площі водозбору;

$\Delta P$  – шар затримання талої води, мм;

$h_0$  – шар базисного стоку, мм.

*Запаси води в сніговому покриві  $S$*  на водозборі оцінюються за результатами снігомірних зйомок. В окремі зими, за наявності відлиг, запаси

води в сніговому покриві оцінюються шляхом їх розрахунку по опадах. Для цього необхідно мати відомості про добову їх кількість від початку зимового періоду. Тоді значення  $(S + P)$  в рівнянні (3.9) визначається як сума твердих опадів за зимовий період  $(P_T)$ , твердих  $(P_{T.C})$  та рідких  $(P_{P.C})$  опадів за період сніготанення за винятком сум водовіддачі за всі відлиги  $\sum \bar{h}_c^{(i)}$  та випаровування  $z$  за зимовий період:

$$S + P = P_T + P_{T.C} + P_{P.C} - \sum \bar{h}_c^{(i)} - z. \quad (3.10)$$

Формування втрат води на просочування в ґрунт. Кількість води, що просочилася у ґрунт та витрачається на його зволоження, враховується в моделі СЛОЙ-2 через коефіцієнт стоку.

Для визначення коефіцієнта стоку застосовується вираз, який враховує вплив на формування втрат талої води інтенсивності сніготанення, глибини промерзання, зволоженості ґрунту та характеру опадів під час сніготанення

$$\eta = \left( A e^{-B(S+P)K_P} + 0,50 \right) K_P K_L K_W, \quad (3.11)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт талого стоку;

$(S + P)$  – загальні запаси вологи, що формують весняний стік: середні по водозбору запаси води в сніговому покриві до початку водопілля та опади за час сніготанення;

$A, B$  – параметри, які залежать від температурної характеристики  $t_0 (^{\circ}C)$  основного періоду сніготанення;

$K_P, K_L, K_W$  – коефіцієнти, які відображають вплив на формування стоку рідких опадів за період сніготанення  $P_P$  (мм), товщі мерзлого шару

грунту  $L$  (см) та відносної зволоженості водозбору  $W$  (%) перед початком сніготанення.

Для врахування зв'язків між кліматичними характеристиками і водним режимом річок Н.С.Лободою та Є.Д.Гопченко була розроблена модель «Клімат-Стік», яка базується на розв'язанні рівняння водно-теплогового балансу територій при врахуванні метеорологічних величин. Модель складається з двох частин: перша – дозволяє на основі рівняння водно-теплогового балансу визначити норму природного річкового стоку за даними метеорологічного режиму; друга – дозволяє оцінити побутовий річний стік шляхом введення коефіцієнтів водогосподарського впливу до норм природного стоку річок [30].

Практичне використання математичної моделі «клімат-стік» дає понаддострокову оцінку стану водних ресурсів України, від яких залежатиме загальний соціально-економічний і екологічний стан країни.

### 3.3.2 Метод територіальних довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля (з реалізацією для суббасейну Нижнього Дніпра)

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 [30, 61-63]

$$\frac{Y_m}{Y_0} = f\left(\frac{S_m + X_1 + X_2}{S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}}\right) \quad (3.12)$$

чи, що те ж саме,

$$k_Y = f(k_X), \quad (3.13)$$

де  $Y_m$  і  $Y_0$  – шар весняного стоку і його середньобагаторічна величина, мм;

$S_m$  і  $S_0$  – максимальний запас води в сніговому покриві і його середньобагаторічна величина, мм;

$X_1$  і  $X_{1_0}$  – опади періоду танення снігу і їх середньобагаторічна величина, мм;

$X_2$  і  $X_{2_0}$  – опади періоду спаду весняного водопілля і їх середньобагаторічна величина, мм;

$k_Y$  – модульний коефіцієнт шару стоку весняного водопілля;

$k_X$  – модульний коефіцієнт сумарного надходження води на водозбір у період весняного водопілля, причому

$$k_X = (S_m + X_1 + X_2) / (S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}). \quad (3.14)$$

В основу побудови залежностей для прогнозу шарів весняного стоку покладено типізацію водопіль за їх водністю за допомогою дискримінантної функції, яка враховує комплекс факторів, що впливають на формування весняного водопілля на річках.

Відповідно з [62], лінійна дискримінантна функція ( $DF$ ), що дає можливість віднесення об'єкта, який характеризується набором ознак до одного з підпросторів (групи), записується як

$$DF = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_mx_m, \quad (3.15)$$

де  $A (a_0, a_1, a_2, \dots, a_m)$  – вектор коефіцієнтів дискримінантної функції;



$X(x_1, x_2, \dots, x_m)$  – вектор-предиктор (вимірних признаков);

$m$  – кількість ознак чи дискримінантних змінних ( $j = 1, 2, \dots, m$ ), які характеризують об'єкт дослідження.

Перевірка адекватності моделі альтернативного прогнозу або виявлення похибки такого прогнозу перевіряється за узагальненою функцією відстані Махаланобіса або критерієм статистичної значущості розподілу Фішера.

$$F = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} \frac{n_1 + n_2 - m - 1}{n_1 + n_2 - 2} \frac{\sum_{i=1}^m a_i (\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{2i})}{m}, \quad (3.16)$$

де  $\bar{x}_{1i}$  і  $\bar{x}_{2i}$  – середні значення  $i$ -тої дискримінантної змінної двох сукупностей;

$n_1$  і  $n_2$  – кількість об'єктів у кожній групі;

$a_i$  – коефіцієнти дискримінантної функції.

Відмінність між двома групами буде статистично значущою, якщо величина  $F$  перевищить критичне значення  $F_\alpha(v_1, v_2)$ , де  $\alpha$  – рівень значущості (одного із значень, наприклад, 0,05; 0,01; 0,001), а  $v_1$  і  $v_2$  – числа ступенів вільності, що визначаються кількістю ознак  $m$  і числом об'єктів в групах  $n_1$  і  $n_2$ . При цьому  $v_1 = m$ , а  $v_2 = n_1 + n_2 - m - 1$ .

Слід зазначити, що умови формування водопіль рівнинних річок України і, відповідно, набір факторів дискримінантної функції дещо розрізняються для лівобережної і правобережної частин р. Дніпро і, відповідно, річок рівнинної території України.

Авторами [61,62] були одержані рівняння дискримінантних функцій  $DF$  у вигляді:

- для правобережної частини басейну Дніпра

$$DF = a_0 + a_1 k_x + a_2 k_{Q_{n\epsilon}} + a_3 k_L + a_4 \Theta_{02}; \quad (3.17)$$

- для лівобережної частини басейну Дніпра

$$DF = a_0 + a_1 k_x + a_2 k_{q_{09-01}} + a_3 k_L + a_4 \Theta_{02}. \quad (3.18)$$

В формулах (3.17) і (3.18):

$$k_x = \frac{S_m + X_1 + X_2}{S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}} - \text{модульний коефіцієнт максимальних запасів}$$

води в сніговому покриві, які накопичилися на басейні до початку весняного сніготанення і весняних опадів; індекси зволоження ґрунтів (у модульних коефіцієнтах):

$k_{Q_{n\epsilon}} = Q_{n\epsilon} / (Q_{n\epsilon})_0$  – середньомісячної (декадної) витрати води перед початком весняного водопілля;

$k_{q_{09-01}} = q_{09-01} / (q_{(09-01)_0})$  – середній модуль стоку з вересня попереднього по січень поточного років;

$k_L = L / L_0$  – модульний коефіцієнт максимальної глибини промерзання ґрунтів;

$\Theta_{02}$  – середньомісячна температура повітря у лютому, °С.

Для здійснення класифікації, тобто альтернативного прогнозу типу водності майбутнього водопілля, отримано по дві дискримінантні функції при виділенні спочатку високих та середніх за  $DF1$ , а далі – низьких за водністю водопіль (по  $DF2$ ). Так, коли дискримінантна функція  $DF1 > 0$ , то слід очікувати формування об'єму водопілля вище середньобагаторічного (ситуація 1). Якщо ж  $DF1 \leq 0$ , а  $DF2 \geq 0$ , то водопілля буде розвиватися за ситуацією 2, тобто шар стоку весняних вод очікується близьким до

середньобагаторічного. У випадку, коли  $DF1 < 0$  і  $DF2 < 0$ , водопілля буде нижчим за норму (ситуація 3).

Фактори, які увійшли до дискримінантних рівнянь та їх коефіцієнти для басейну Дніпра, наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Коефіцієнти рівнянь дискримінантних функцій при прогнозуванні шарів стоку весняного водопілля на річках суббасейну Нижнього Дніпра

Номер району (підрайону) за рис.4.2	Басейн річки	$DF$	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
$DF = a_0 + a_1 \frac{X}{X_0} + a_2 \frac{q_{09-01}}{(q_{09-01})_0} + a_3 \frac{L}{L_0} + a_4 \theta_{02}$							
8 (а, б, в)	Оріль, Самара, Вовча	$DF1$	-1,40	-20,1	12,4	5,36	0,007
		$DF2$	0,27	-3,22	4,46	-2,77	-0,85
		$DF3$	0,75	-11,5	5,20	-1,67	-0,90
$DF = a_0 + a_1 \frac{X}{X_0} + a_2 \frac{Q_{ns}}{(Q_{ns})_0} + a_3 \frac{L}{L_0}$							
9	Інгулець	$DF1$	-1,88	-14,4	5,73	6,46	–
		$DF2$	0,82	-11,0	5,08	11,0	–

За знаком дискримінантних рівнянь (більше або менше нуля) водопілля на річках можна диференціювати по типах водності – шар стоку більше, біля норми або нижче норми. Побудовані прогностичні зв'язки вигляду (3.12) або (3.13) можна описати рівняннями поліному  $n$ -ступеня у вигляді

$$k_Y = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X^2 + b_3 k_X^3, \quad (3.19)$$

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

Значення коефіцієнтів прогностичних рівнянь поліному з умовами застосування кривих за ознаками  $DF$  представлені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Коефіцієнти прогностичних рівнянь поліномів при прогнозуванні шарів стоку весняного водопілля на річках суббасейну Нижнього Дніпра

Номер району (підрайону) за рис.4.2	Басейн річки	Умови застосування прогностичних кривих за знаком $DF$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$
8а	Оріль	$DF1 > 0; DF3 > 0$	0,0076	0,27	1,74	0,49
		$DF1 > 0; DF3 \leq 0$	0,029	- 0,056	0,88	0,90
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	-0,0012	0,099	0,50	0,22
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	0,0078	-0,17	0,38	0,11
8б	Самара (до с. Кочережки)	$DF1 > 0; DF3 > 0$	-0,03	1,26	- 0,72	2,90
		$DF1 > 0; DF3 \leq 0$	-0,05	1,15	-2,30	2,85
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	0,012	-0,30	0,94	-0,03
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	0,019	-0,31	0,54	- 0,038
8в	Вовча	$DF1 > 0; DF3 > 0$	0,076	-0,76	2,87	0,31
		$DF1 > 0; DF3 \leq 0$	0,42	-2,61	4,36	-0,87
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	0,0025	-0,06	0,28	0,14
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	-0,001	- 0,072	0,22	- 0,009 1
9а	Тясьмін	$DF1 > 0$	$2,10 \cdot 10^{-2}$	0,52	- 1,43	3,29
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	$-1,0 \cdot 10^{-2}$	0,70	-2,04	1,91
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	$-1,9 \cdot 10^{-2}$	0,18	-0,28	0,16
9б	Базавлук, Інгулець	$DF1 > 0$	$2,10 \cdot 10^{-2}$	0,52	- 1,43	3,29
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	$-3,5 \cdot 10^{-2}$	1,02	-2,40	1,79
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	$-1,4 \cdot 10^{-2}$	0,25	-0,56	0,38

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

На розглядуваній території басейну Дніпра виділено дев'ять таких районів (з підрайонами), які представлені на рис. 3.3 [35]. Згідно рис.3.3 район суббасейну Нижнього Дніпра виділений в два райони з підрайонами. Район лівобережжя суббасейну Нижнього Дніпра знаходиться під номером 8, в якому виділяються три підрайони за такими номерами, як 8а (р. Оріль), 8б (р. Самара до с. Кочеріжки) та 8в (р. Вовча). Район правобережжя суббасейну Нижнього Дніпра знаходиться під номером 9, що ділиться на два підрайони, такі як, 9а (р. Тясмін) та 9б (р. Базавлук та р. Інгулець).

При наявності регіональних залежностей вигляду  $\frac{Y_m}{Y_0} = f\left(\frac{S_m + X_1 + X_2}{S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}}\right)$ , а також даних снігомірних зйомок, використовуючи карту  $S_0$  і середньобогаторічні значення дощових опадів під час весняного водопілля  $X_{1_0}$  і  $X_{2_0}$ , знаходиться  $Y_m/Y_0$ , числовими значеннями яких є модульні коефіцієнти

$$k_Y = \frac{Y_m}{Y_0}. \quad (3.20)$$

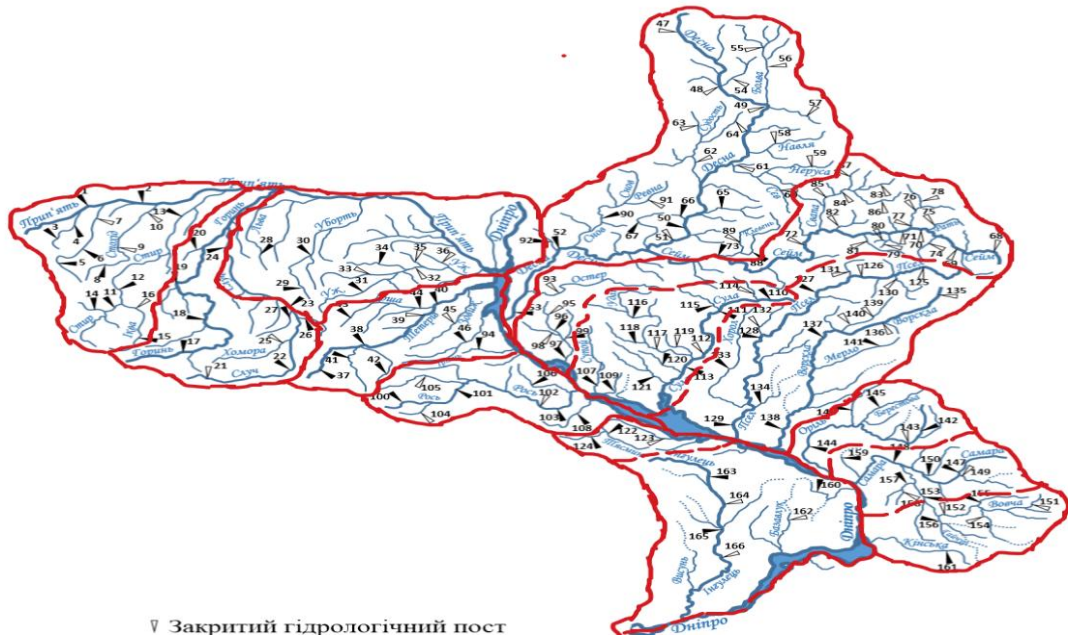


Рис. 3.3. Районування території басейну Дніпра при довгостроковому прогнозуванні характеристик весняного водопілля на рівнинних річках України (▽ закритий гідрологічний пост; ▼ діючий гідрологічний пост)

Перехід від  $k_Y$  до очікуваних значень шарів стоку весняного водопілля  $Y_m$  такий

$$Y_m = k_Y \cdot Y_0, \quad (3.21)$$

де  $Y_0$  – середньобогаторічне значення шарів  $Y_0$  яного стоку, що розраховується для кожної конкретної річки за часовим рядом стокових спостережень  $Y_i$  ній за  $n$  ків

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}. \quad (3.22)$$

За відсутності або при коротких часових гідрологічних рядах середньобогаторічні величини шарів весняного стоку можуть бути визначені

при регіональних узагальненнях їх, наприклад, за карта-схемою розподілу  $Y_0$  по досліджуваній території (рис.3.4)

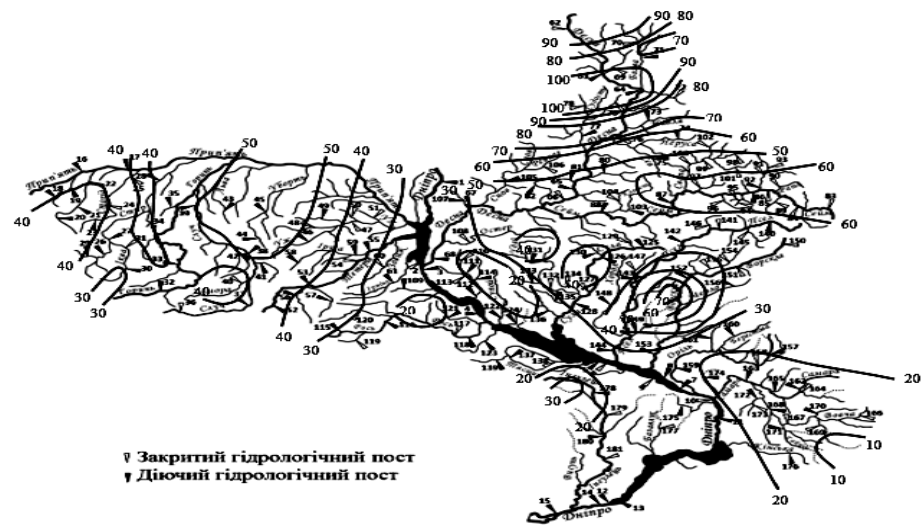


Рисунок 3.4 – Розподіл по території середньобагаторічних величин шарів стоку весняного водопілля (при  $f_n = 0, f_o = 0$ ) в басейнах річок Дніпра (в межах України), мм [62]

Для річок суббасейну Десни (включаючи верхів'я р. Десна і р. Сейм) значення середньобагаторічних величин шарів стоку весняного водопілля  $Y_0/(k_n k_o)$  (тобто при  $f_n = 0, f_o = 0$ ) змінюються від 100 мм -80 мм до 50 мм, для суббасейну Прип'яті – в середньому становлять 50 мм - 30 мм із замкненими областями в межах розповсюдження карстових утворень [10].

Величини  $Y_0/(k_n k_o)$  для суббасейну Середнього Дніпра змінюються в діапазоні від 60 мм до 30 мм (в межах лівобережної його частини) та від 30 мм до 20 мм – на правобережжі [10].

Для суббасейну Нижнього Дніпра значення середньобагаторічних величин шарів стоку весняного водопілля змінюються в південно-східному напрямку – від 30 мм до 10 мм.

Встановлення середньобагаторічних величин шарів стоку весняного водопілля  $Y_0$  для невивчених у гідрологічному відношенні річок і невеликих водотоків, при використанні карта-схеми (див. рис. 2.2), здійснюється за рівнянням

$$Y_0 = (Y_0)_{\text{карт}} \cdot k_l k_{\sigma}, \quad (3.23)$$

де  $(Y_0)_{\text{карт}}$  – значення середньобогаторічних шарів весняного стоку, зняті з карта-схеми (рис. 3.4) для геометричних центрів водозборів.

### 3.3.3 Метод територіального довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля

Для довгострокового прогнозу максимальних витрат води (модулів стоку) весняного водопілля на річках рівнинної території України прийняті залежності модульних коефіцієнтів максимальних витрат води від сумарних запасів води в сніговому покриві та весняних опадів періоду сніготанення, нормованих по їх середньобогаторічних значеннях у вигляді [30,61-63]

$$\frac{q_m}{q_0} = f\left(\frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{1_0}}\right) \quad (3.24)$$

або

$$k_q = f(k_X), \quad (3.25)$$

де  $q_m$  і  $q_0$  – максимальний модуль весняного водопілля і його середньобогаторічна величина,  $\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ ;

$S_m$  і  $S_0$  – максимальний запас води в сніговому покриві перед початком весняного сніготанення і його середньобогаторічна величина, мм;

$X_1$  і  $X_{1_0}$  – рідкі опади періоду весняного сніготанення і їх середньобогаторічна величина, мм;



$k_q$  – максимальний модульний коефіцієнт весняного водопілля;

$k_X$  – модульний коефіцієнт запасів вологи на басейні, які приймають участь у формуванні максимальних витрат води весняного водопілля

$$k_X = (S_m + X_1)/(S_0 + X_{1_0}). \quad (3.26)$$

Як і при аналізі формування шарів стоку водопіль, набір факторів дискримінантної функції при прогнозуванні максимальних витрат води розрізняється для лівобережної і правобережної частин південної території України.

В табл. 3.3 надані дискримінантні рівняння і перелік факторів весняного водопілля (у відносних величинах), які увійшли до вектор-предиктору дискримінантної функції, отриманих для різних басейнів розглядуваної території.

Таблиця 3.3 - Коефіцієнти рівнянь дискримінантних функцій при прогнозуванні максимальних витрат води весняного водопілля на річках басейну Дніпра

Номер району (підрайону) за рис.4.2	Басейн річки	$DF$	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
$DF = a_0 + a_1 \frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{1_0}} + a_2 \frac{q_{09-01}}{(q_{09-01})_0} + a_3 \frac{L}{L_0} + a_4 \theta_{02}$							
8а	Оріль	$DF1$	-2,04	-22,8	6,39	15,7	0,86
		$DF2$	-1,53	-8,22	4,49	-1,80	-1,41
8б	Самара (до с. Кочережки)	$DF1$	-2,04	-22,8	6,39	15,7	0,86
		$DF2$	-1,53	-8,22	4,50	-1,80	-1,41
		$DF3$	-0,02	-6,58	1,47	-2,95	-1,43
8в	Вовча	$DF1$	-2,04	-22,8	6,39	15,7	0,86
		$DF2$	-1,53	-8,22	4,50	-1,80	-1,41

$DF = a_0 + a_1 \frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{10}} + a_2 \frac{Q_{ng}}{(Q_{ng})_0} + a_3 \frac{L}{L_0}$							
9а	Тясьмін, Базавлук, Інгулець (до с. Олександро- Степанівка)	DF1	1,07	-13,4	-1,97	13,7	–
		DF2	-2,77	-12,5	-5,74	21,4	–
9 б	Інгулець (нижче с. Олександро- Степанівка)	DF1	-0,24	-9,37	3,84	4,30	–
		DF2	-2,77	-12,5	-5,74	21,4	–

Коефіцієнти поліномів з умовами застосування кривих за ознаками  $DF1$  і  $DF2$  для різних річкових систем у межах однорідних районів надані у табл. 3.4.

Територіальний прогноз в методиці пов'язаний з можливістю розрахунку середньобаторічного максимального модуля весняного стоку  $q_0$ , який при наявності гідрологічних спостережень отримується як

$$q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n q_{m_i}}{n}, \quad (3.27)$$

де  $q_{m_i}$  – максимальні модулі водопілля  $i$ -х років за період спостережень  $n$ ,  $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ .

Для річок з короткими рядами спостережень або для тих, на яких спостереження взагалі не ведуться, узагальнення середньобаторічних значень максимальних витрат (модулів) весняного водопілля у вигляді картосхеми розподілу їх по території неможливе у зв'язку з залежністю як витрат води, так і їх модулів від площ водозборів і впливу процесів русло-заплавного регулювання. Даний метод прогнозу дозволяє розраховувати величину  $q_0$  в рамках моделі типового редуційного гідрографу у вигляді

[64]

$$q_0 = q'_0 \Psi(t_p / T_0) \varepsilon_F \cdot r, \quad (3.28)$$

де  $q_0$  – середньобаторічний модуль максимального стоку,  $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ ;

$q'_0$  – середньобаторічний модуль максимальної витрати води  
схилового припливу,  $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ ;

Таблиця 3.4 -Коефіцієнти поліномів при прогнозуванні максимальних витрат води весняного водопілля на річках басейну Дніпра

Номер району (підрайону) за рис.4.2	Басейн річки	Умови застосування прогнозних кривих за знаком $DF$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$
8а	Оріль	$DF1>0$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	-0,27	5,91	-11,5	4,55	8,14
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	-0,099	0,23	-0,22	0,76	-	-
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	0,03	-0,38	0,63	0,02	-	-
8б	Самара (до с.Кочережки)	$DF1>0; DF3>0$	0,020	2,13	-6,28	-7,11	38,5	-
		$DF1 < 0; DF3 \leq 0$	0,017	1,09	-4,79	7,51	-	-
		$DF1 \leq 0; DF1 \geq 0$	-0,10	0,23	-0,22	0,76	-	-
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	0,03	-0,38	0,63	0,022	-	-
8в	Вовча	$DF1>0$	0,03	-3,43	27,5	-59,7	41,1	-
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	0,010	0,03	0,45	-0,04	-	-
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	$-0,3 \cdot 10^{-2}$	0,10	-0,044	0,058	-	-
9а	Тясьмін, Базавлук, Інгулець (до с.Олександро-Степанівка)	$DF1>0$	0,11	-1,07	3,10	-0,70	-	-
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	0,035	-0,11	0,67	-0,13	-	-
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	-0,002	0,12	-0,049	0,047	-	-
9б	Інгулець (нижче с.Олександро-Степанівка)	$DF1 > 0$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	-0,15	1,16	0,77	-	-
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	0,035	-0,11	0,69	-0,13	-	-
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	$0,14 \cdot 10^{-2}$	0,27	-0,18	0,10	-	-

$\psi(t_p / T_0)$  – трансформаційна функція розпластування повеневих хвиль під впливом руслового добігання;

$\varepsilon_F$  – коефіцієнт русло-заплавного регулювання;

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

Отримання прогностичних максимальних витрат води водопілля ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) здійснюється шляхом переходу від  $k_q$  до прогностичних максимальних витрат води

$$Q_m = k_q \cdot q_0 \cdot F, \quad (3.29)$$

де  $k_q$  – очікуване значення максимального модульного коефіцієнта, яке отримане по залежності (3.24) або (3.25);

$F$  – площа водозбору,  $\text{км}^2$ ;

$q_0$  – середньобагаторічна величина максимального модуля водопілля, що визначається для кожної конкретної річки за часовими рядами стокових спостережень на них за (3.27) або ж розраховується за рівнянням (3.28) – за відсутності часових рядів.

Рекомендації по визначенням параметрів моделі (3.28) надані в [60-62].

Що стосується прогнозів максимальних рівнів води весняного водопілля на річках, то вони встановлюються по спрогнозованих максимальних витратах води та кривих витрат води  $Q = f(H)$ , побудованих для окремих постів.

### 3.3.4 Визначення прогностичної забезпеченості характеристик максимального стоку

Метод територіального довгострокового прогнозу характеристик весняного водопілля використовується для річок з відсутніми даними спостережень.

При наявності багаторічних рядів стокових спостережень задача визначення ймовірності настання шарів стоку або максимальних витрат води водопілля ( $P\%$ ) вирішується шляхом побудови емпіричних кривих забезпеченості модульних коефіцієнтів  $k_Y = f(P\%)$  чи  $k_Q = f(P\%)$ .

Так як метод прогнозу передбачає визначення характеристик весняного водопілля й для невивчених річок, забезпеченість прогнозних величин встановлюється за допомогою статистичної обробки рядів спостережень. При цьому величини коефіцієнтів варіації характеристик весняного водопілля можуть бути картовані. Для оцінки забезпеченості прогнозних величин характеристик весняного водопілля можна використовувати криву трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля (для середнього по території значення  $C_s/C_v$ ) [9].

Забезпеченість прогнозних величин  $Y_m$  та  $Q_m$  встановлюється у вигляді інтервалу

$$P_1 < P_{Y(Q)} < P_2, \quad (3.30)$$

де  $P_1$  і  $P_2$  – верхня та нижня межі забезпеченості, які встановлюються за таблицями [9].

Використовуючи таблиці трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля при  $(C_s/C_v)_Q = 2,5$  [9], по  $(C_v)_Q$  знаходиться забезпеченість очікуваної максимальної витрати води весняного водопілля.

Визначення коефіцієнтів варіації не вивчених у гідрологічному відношенні річок  $(C_v)_Y$  здійснюється за рівняннями [62]:

$$(C_v)_Y = 0,81 - 0,12(\varphi^o - 50) \quad (3.31)$$

або

$$(C_v)_Y = 1,62 \left( \frac{Y_0}{5} \right)^{-0.38}, \quad (3.32)$$

де  $\varphi$  – географічна широта геометричних центрів водозборів (в частках  $^\circ$ ).

Залежність величини  $(C_v)_Q$  від широти геометричних центрів водозборів ( $\varphi$  – в частках  $^\circ$  півн.ш.) має вигляд

$$(C_v)_Q = 1,09 - 0,17(\varphi^\circ - 50) \quad (3.33)$$

або від площ водозборів ( $F$ , км<sup>2</sup>)

$$(C_v)_Q = 1,90 - 0,22 \cdot \lg(F + 1). \quad (3.34)$$

Згідно вимог Повеневої Директиви 2007/60/ЄС Європейського Парламенту, яка спрямована на запобігання, захист і зменшення негативного впливу повеней на навколишнє середовище карта-схеми складаються на дати випуску прогнозів і дають змогу кількісно оцінювати величину та частоту повторюваності у багаторічному розрізі об'ємів і максимальних витрат води майбутнього водопілля, оцінюючи масштаби можливих затоплень та зони підвищеної небезпеки. По зазначених карта-схемах можливе встановлення прогнозних величин весняного водопілля та їх забезпеченостей й для невеликих річок, включаючи і такі, на яких зазвичай відсутні спостереження за річковим стоком води. Доцільно сполучати такі прогностичні карта-схеми з розробленими картами загроз і ризиків затоплення для територій, визначених попередньої оцінкою ризиків затоплення в межах районів річкових басейнів України [20]. Це дозволить при формуванні небезпечного явища більш ґрунтовно передчасно оцінити ступінь та масштаб водних затоплень об'єктів господарської інфраструктури та культурної спадщини та скоротити негативні наслідки від них.

### 3.3.5 Картографічна форма представлення прогнозних величин при попередній прогностичній оцінці небезпек повеней

В гідрологічних прогнозах для наявного представлення будь-якої величини у просторовому розподілі будують карти розподілу цих величин по території [62]. Очікувані значення максимальних витрат води не можуть бути представлені у вигляді карта-схем в зв'язку з залежністю не тільки максимальних витрат води, а й їх модулів від розмірів водозборів.

Метод прогнозу гідрологічних характеристик весняного водопілля на річках пропонується оцінювати розміри очікуваного водопілля у кожному році на підставі картосхем, побудованих для відносних величин – модульних коефіцієнтів весняного водопілля, що особливо є корисним для невивчених у гідрологічному відношенні річок.

Карти зон затоплення територій під час високих водопіль можуть бути отримані при наявності спрогнозованих максимальних рівнів води водопілля в сполученні з топографічними картами місцевості.

Одночасно з картами прогнозних значень модульних коефіцієнтів весняного водопілля надається й карта-схема ймовірності перевищення прогнозних величин у багаторічному розрізі ( $P$  %) у будь-якій частині території, незалежно від стану її гідрометеорологічної вивченості. Так, наприклад, при  $P = 20$  % водопілля буде спостерігатися один раз у 5 років, при  $P = 1$  % – один раз у 100 років і т.д. Згідно вимог Повеневої Директиви ЄС повинні бути встановлені характеристики максимального стоку при забезпеченості  $P=0,2\%$  один раз у 200-500 років, при  $P = 1$  % – один раз у 100 років, а при  $P = 10$  % – один раз у 10 років.

При територіальному прогнозуванні найбільш наглядною формою є картографічне представлення прогнозних величин. Крім того, карта-схеми дають змогу визначати розміри майбутнього водопілля й для невивчених річок території, тому доцільним є представлення їх на основі карта-схем не в



фактичних, а в відносних величинах модульних коефіцієнтів шарів стоку [61,62].

Побудування карта-схем величин модульних коефіцієнтів шарів стоку весняного водопілля для річок відбувається за схемою: спрогнозовані у кожному році по залежностях і описаній методиці значення модульних коефіцієнтів шарів стоку весняного водопілля  $k_{\gamma}$  наносяться на картосхему до геометричних центрів водозборів, а потім проводяться ізолінії зміни очікуваних величин по території. Разом з карта-схемами  $k_{\gamma}$  складаються й карта-схеми забезпеченості ( $P\%$ ) прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля у багаторічному розрізі (незалежно від стану гідрологічної вивченості річок).

Таким чином, зазначені карта-схеми дають можливість одночасно характеризувати велику територію басейну Дніпра, і, що особливо важливе для невивчених річок, визначати частоту повторюваності очікуваних шарів весняного стоку в багаторічному періоді. У той же час, по карта-схемах очікуваних величин можна здійснювати прогноз шарів стоку водопілля у будь-якому пункті розглядуваної території, незалежно відбуваються там спостереження за річковим стоком чи ні.

В методиці територіального прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля, як й для шарів стоку, передбачено представлення очікуваних величин у картографічному вигляді. Для максимальних витрат води побудування таких карта-схем можливе тільки у відносних величинах [60-62].

Одночасно з карта-схемами очікуваних значень максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля надається й карта-схема ймовірності перевищення прогнозних величин у багаторічному розрізі  $P_Q\%$  у будь-якій частині території, побудування якої відбувається аналогічним чином.

Зазначені карта-схеми складаються на кожну дату прогнозу, передаються споживачу і дають змогу оцінювати величину та частоту повторюваності у багаторічному розрізі максимальних витрат води майбутнього водопілля одраз в усьому басейні Дніпра, оцінюючи зони підвищеної небезпеки (при значних максимумах весняних водопіль). З іншого боку, такі карта-схеми дозволяють надавати прогнози максимумів водопілля та їх забезпеченості у будь-якому пункті розглядуваної території, включаючи й річки, де не відбуваються спостереження за стоком води.

Карти загроз і ризиків затоплення розробляються з метою забезпечення процесу оцінки та управління ризиками затоплення, мінімізації негативних наслідків, пов'язаних із затопленням, які мають вплив на здоров'я та життя людей, довкілля, економіку, культурну спадщину [21].

Карти загроз і ризиків затоплення розробляються окремо для кожної території, яка має потенційно значні ризики затоплення, у масштабі не менше 1:25 000 (найбільш прийнятним є масштаб 1:10 000) у системі координат, що може забезпечити необхідний обмін даними у глобальних інформаційних мережах.

#### 3.4 Територіальний метод прогнозу дат початку та настання весняного водопілля на основі метеорологічного прогнозу температури повітря

В гідрологічних прогнозах методи прогнозування дат початку та максимальних витрат води весною базуються на встановленні індивідуальних кореляційних зв'язків цих дат зі строками сталого переходу температури повітря до плюсових значень весною [12,35]. На великих водозборах коливання погодних умов призводять до послаблення таких залежностей. Найбільш тісні залежності мають місце для невеликих річок

степової і лісостепової зон. У більшості випадків пряма має кутовий коефіцієнт декілька менше одиниці

$$D_{Q\max} = D_0^o + A. \quad (3.35)$$

Параметр  $A$  виражає різницю у часі між строками переходу температури повітря через  $0^\circ\text{C}$  до позитивних показників і настанням явища, яке прогнозується.

В Одеському державному екологічному університеті запропонований метод територіального прогнозу дат початку та проходження максимальних витрат (рівнів) води весняного водопілля, реалізований авторами [61,62] для рівнинних річок України.

#### 3.4.1 Прогнозування дат початку весняного водопілля

Аналіз формування весняних водопіль за даними багаторічних спостережень показав, що початок водопіль на річках спостерігається після строків накопичення максимальних снігозапасів на водозборі з року в рік у різні дати.

Визначення дат початку водопілля можна здійснити за схемою [61,62]

$$D'_e = D_{Sm} + t'_e, \quad (3.36)$$

де  $D'_e$  – очікувана дата початку весняного водопілля;

$D_{Sm}$  – дата утворення максимальних запасів води в сніговому покриві;

$t'_e$  – очікувана тривалість періоду від дати  $D_{Sm}$  до дати початку водопілля  $D'_e$ , д.

Для визначення тривалості періоду від дати максимальних снігозапасів до початку водопілля  $t_g$  розраховується за рівнянням вигляду (до температури повітря ( $\theta_l$ , °C) 3,5 - 5,5°C) [61,62]

$$t_g = [0,43(\varphi - 50) + 7,72] - [0,16(\varphi - 50) + 1,64] * \theta_l. \quad (3.37)$$

Для суббасейну Нижнього Дніпра значення коефіцієнтів (3.37) наведені в табл. 3.5

Таблиця 3.5 - Значення коефіцієнтів для визначення тривалості водовіддачі  $t_b$  та тривалості підйому  $t_n$  для опорних створів суббасейну Нижнього Дніпра

Номер поста	Річка	Пост	c1	d1	c2	d2
130	Орель	сmt Царичанка	-0,56	7,63	-2,16	21,6
134	Самара	с.Кочережки	-1,85	5,5	-1,26	18,7
137	Волча	сmt Васильківка	-1,25	7,19	-1,68	17
138	Мокрі Яли	сmt Грушевський	-1,32	5,83	-2,45	11,1
140	Гайчур	с.Андріївка	-1,06	10,3	-4,1	15,9

Дата складання прогнозу  $D'_g$  відповідає даті накопичення максимальних снігозапасів ( $D_{Sm}$ ). Завчасність прогнозів дат початку водопілля визначається саме величиною  $t_g$ , тобто дорівнює періоду від дати прогнозу  $D_{Sm}$  до дати початку водопілля  $D_g$ .

### 3.4.2 Прогноз дат максимальних витрат води весняного водопілля

Дати проходження максимальних витрат води весняного водопілля ( $D_{Qm}$ ) відносно строків його початку визначаються інтенсивністю весняного сніготанення, кількістю та інтенсивністю опадів періоду танення снігу, швидкістю зростання і накопичення плюсових температур повітря та ін.

Дати проходження максимальних витрат води весняного водопілля визначаються за схемою

$$D'_{Qm} = D_e + t'_n, \quad (3.38)$$

де  $D'_{Qm}$  – очікувана дата максимальної витрати води водопілля;

$D_e$  – дата початку весняного водопілля, яка може бути отримана за прогнозом або за фактичною спостереженою датою;

$t'_n$  – очікувана тривалість підйому весняного водопілля, д.

Тривалість підйому водопілля  $t_n$  визначається як періодом сніготанення, так і часом стікання води по схилах і руслах річок. Тому для визначення тривалості періоду підйому водопілля  $t_n$  отримано [61,62] вираз (до температури повітря ( $\theta_2$ , °C) 7,0 – 10,0°C)

$$t_n = \{3.45 \cdot \exp [0.42 \cdot \lg(F+1)]\} - [-0.12(\varphi - 50) + 1.75] \cdot \theta_2, \quad (3.39)$$

Дата складання прогнозу  $D'_{Qm}$  можлива в фактично спостережену дату початку водопілля ( $D_e$ ). За наявності прогнозу  $D'_e$  і довгострокового прогнозу температур повітря (близько 1-2-х декад) схема прогнозу  $D''_{Qm}$  наступна

$$D''_{Qm} = D'_e + t'_n, \quad (3.40)$$

а дата його випуску буде відноситись до дати утворення максимальних снігозапасів  $D_{Sm}$ . При цьому завчасність прогнозу дещо збільшується, а точність прогнозу знижується.

3.4.3 Встановлення забезпеченості очікуваних строків весняного водопілля та форма представлення прогнозних дат проходження весняного водопілля

Як було указано вище важливою характеристикою прогнозних строків проходження весняного водопілля встановлення ймовірності їх настання у багаторічному розрізі.

При наявності багаторічних рядів спостережень встановлення забезпеченості дат виконується шляхом побудови емпіричних кривих забезпеченостей цих дат (у вигляді кількості діб від 31.01 до дати настання явища). Встановлення ймовірності здійснюється по прогнозній даті початку водопілля чи максимальної витрати води по таких кривих [61,62].

Для річок досліджуваної території на яких є тривалі ряди спостережень були побудовані криві забезпеченості дат початку та максимальних витрат води весняного водопілля за допомогою програми “*StokStat*”. Для очікуваних дат з кривих знімаються значення  $P\%$ .

3.4.4 Картографічна форма представлення прогнозів дат весняних водопіль з метою просторової оцінки строків проходження водопіль

Найбільш наглядною формою просторового представлення прогнозу дат весняних водопіль є, безумовно, карти їх зміни по території.

Побудова карт дат початку та проходження максимальної витрати води водопілля здійснюється на дату прогнозу таким чином: очікувані дати  $D'_e$  відносять до геометричних центрів тяжіння водозборів і проводяться ізолінії змін дат по території.

Крім того, аналогічним чином будуються карти ймовірності настання дат початку та проходження максимальних витрат води водопілля у багаторічному розрізі.

Прогнозні дати проходження максимальних витрат води  $D'_{Qm}$  не можуть бути картовані у зв'язку з їх залежністю від розмірів водозборів. Вони визначаються по даті початку водопілля  $i$ , отриманих по очікуваній температурі повітря  $i$  по регіональній залежності (3.39), а також тривалості підйому водопілля.

Для оцінки дат початку та максимальних витрат води весняного водопілля в поточному році відносно середніх багаторічних дат розраховують їх відхилення

$$\Delta D_B = D'_B - (D_B)_0, \quad (3.41)$$

$$\Delta D_{Qm} = D'_{Qm} - (D_{Qm})_0, \quad (3.42)$$

Де  $\Delta D_B$  і  $\Delta D_{Qm}$  - відхилення очікуваних дат початку водопілля  $D'_B$  і максимальних витрат (рівнів) води  $D'_{Qm}$  у поточному році від середніх багаторічних дат  $(D_B)_0$  і  $(D_{Qm})_0$ .

### 3.5 Загальні принципи оцінки методики і справджуваності прогнозів

#### 3.5.1 Похибка довгострокового прогнозу. Визначення допустимої похибки гідрологічного прогнозу

За [12,65] оцінка прогнозу зводиться до визначення справджуваності даного прогнозу шляхом співставлення похибки прогнозу з допустимою похибкою.

Похибка прогнозу - це різниця між фактичним значенням величини  $Y_i$  та значенням, отриманим у прогнозі  $Y'_i$

$$\delta = Y_i - Y'_i \quad (3.43)$$

Для оцінки прогнозу потрібно мати критерій оцінки, який може порівняти точність прогнозів будь-яких гідрологічних явищ.

При прогнозі сезонного елементу - максимальної витрати води водопілля, об'єму водопілля чи паводку допустима похибка прогнозу визначається в залежності від природної змінності явища, що прогнозується. Відомо, що статистичною мірою змінності випадкової величини є її середнє квадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}, \quad (3.44)$$

де  $Y_i$  – значення прогнозованої величини;

$\bar{Y}$  – середнє багаторічне значення прогнозованої величини;

$n$  – кількість членів ряду.

Допустима похибка прогнозу  $\delta_{доп}$  – це відхилення прогнозованої величини від норми, яка має вигляд

$$\delta_{доп} = \pm k_p \cdot \sigma . \quad (3.45)$$

Розподіл похибок прогнозу підкоряється нормальному закону розподілу з відсутньою асиметрії, що описується кривою Гауса вигляду



$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}\right). \quad (3.46)$$

За допомогою кривої Гауса можливо визначити коефіцієнт нормованого відхилення від норми  $k_p$ , який визначається за допомогою забезпеченості

При  $P=50\%$   $k_p = \pm 0.674$ .

Тоді

$$\delta_{\text{дон}} = \pm 0.674 \cdot \sigma \quad (3.47)$$

називають ймовірним відхиленням від норми.

Допустима похибка прогнозу  $\delta_{\text{дон}}$  - це ймовірне відхилення прогнозованої величини від норми гідрологічної величини.

Прогноз вважається *справджуваним*, якщо абсолютна величина його похибки менша або дорівнює допустимій  $\delta \leq \delta_{\text{дон}}$ .

Слід відзначити, що існує зв'язок між  $\delta_{\text{дон}}$  та завчасністю прогнозу: при збільшенні останнього підвищується й допустима похибка.

Слід зазначити, що при збільшенні завчасності прогнозу точність його звичайно зменшується.

Визначення допустимої похибки прогнозу для невивчених у гідрологічному відношенні рівнинних річок України відбувається за регіональними рівняннями [62]:

- для шарів стоку

$$\delta_{\text{дон}} = 1,95(\varphi^o - 50) + 18. \quad (3.48)$$

- для максимальних

$$\delta_{\text{дон}} = 0,0147F. \quad (3.49)$$

### 3.5.2 Оцінка точності прогнозів дат гідрологічних явищ

Оцінка якості прогнозу визначається в залежності від дати випуску прогнозу (ДВП). Виділяють саму ранню дату (Днр) та саму пізню дату настання явища (Днп). Різниця між цими датами являє собою багаторічну амплітуду дат [12,65].

Середнє квадратичне відхилення  $\sigma$  визначається в такий спосіб:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n-1}}, \quad (3.50)$$

де  $\Delta_i = D_i - \bar{D}$  - відхилення дат настання явища від середньої дати за багаторічний період спостережень і допустима похибка визначається за (3.47).

Допустима похибка прогнозу знаходиться в залежності від  $\sigma$ , та від співвідношення  $A_c/A_m$  в тому випадку, коли дата прогнозу знаходиться в межах від найранішої до найпізнішої.

В короткострокових прогнозах дат з'явлення явища допустима похибка приймається в залежності від їх завчасності (табл.3.6).

Таблиця 3.6 - Значення допустимої похибки при прогнозах дат

Завчасність прогнозів, д	1-	4-	6-	10-	14-
	3	5	9	13	15
Допустима похибка прогнозів $\delta_{\text{дон}}$ , д	1	2	3	4	5

Допустима похибка приймається рівній половині завчасності метеорологічного прогнозу в тому випадку, коли короткостроковий прогноз дат дається на основі метеорологічного прогнозу.

#### 4. МЕТОДИКА ПРОГНОЗУ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНАХ РІЧОК СУББАСЕЙНУ НИЖНЬОГО ДНІПРА

В даному розділі наведена реалізація методики територіальних довгострокових прогнозів характеристик максимального стоку весняних водопіль та попередньої прогностичної оцінки небезпек повеней в межах суббасейну Нижнього Дніпра (відповідно вимог ВРД ЄС та ВПД ЄС (розд.1)).

##### 4.1 Попередня прогностична оцінка характеристик весняного водопілля річок суббасейну Нижнього Дніпра

Схема довгострокового прогнозування характеристик весняного водопілля (шарів стоку та максимальних витрат води) за гідрометеорологічними даними (на прикладі суббасейну Нижнього Дніпра)

Вихідні дані, які використовуються в моделі:

1) *щорічні величини:*

- 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;
  - добові опади періоду весняного водопілля або їх метеорологічний прогноз (опади більші, близькі або менші за їх середньобагаторічні величини);
  - глибина промерзання ґрунтів під озимими  $L$ , см за даними пунктів їх виміру або у вигляді картосхеми розподілу по території;
  - середньодобові витрати води осінньо-зимового періоду по опорних створах річок,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;
  - середньодобова температура повітря у лютому  $\Theta_{02}$  °С за даними метеорологічних станцій або у вигляді прогнозної величини;
  - метеорологічний прогноз температури повітря в березні  $\Theta_{03}$  °С;
- 2) *середньобагаторічні величини:*
- шари стоку  $Y_0$ , мм та максимальні витрати води весняного водопілля  $Q_0$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$  або їх модулі  $q_0$ ,  $\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  – визначаються за рівняннями відповідно моделі Є.Д.Гопченка;
  - максимальні запаси води у сніговому покриві або картосхеми розподілу по території  $S_0$ , мм;
  - суми опадів періоду танення снігу  $X_{1_0}$ , мм та спаду весняного водопілля  $X_{2_0}$ , мм;
  - максимальні величини глибин промерзання ґрунтів під озимими картосхеми розподілу по території  $L_0$ , см;
  - середньомісячні витрати води за зимові та весняні місяці, визначені як: середньобагаторічні значення середніх модулів стоку з вересня попереднього по січень поточного років  $(q_{09-01})_0$ ,  $\text{л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  чи витрат води у січні  $(Q_{01})_0$  та лютому  $(Q_{02})_0$ ;

- середні місячні температури повітря за лютий  $(\theta_{02})_0$  °С та березень  $(\theta_{03})_0$  °С за даними метеорологічних станцій (як середня величина по даних метеостанцій в межах водозбору);

- коефіцієнти варіації  $C_v$  шарів стоку або максимальних витрат води весняного водопілля на річках, що визначаються при статистичній обробці часових рядів стокових даних;

- величини допустимих похибок прогнозів шарів стоку чи максимальних витрат води  $\delta_{дон}$ , м<sup>3</sup>/с;

### 3) морфометричні та басейнові характеристики опорних водозборів:

- площа водозборів,  $F$ , км<sup>2</sup>;
- залісеність водозборів,  $f_l$ , в частках від площ водозборів  $F$ ;
- заболоченість водозборів,  $f_b$ , в частках від площ водозборів  $F$ ;
- географічна широта геометричних центрів водозборів  $\varphi^\circ$  півн.ш. або в частках град.

Схема прогнозу характеристик весняного водопілля розглянута на прикладі 2017-2018 року на річках суббасейну Нижнього Дніпра, при цьому розглянуті умови формування весняного водопілля за даними Українського гідрометцентру ДСНС України у поточному році.

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 спостерігалось 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  $0^{\circ}\text{C}$  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  $3-6^{\circ}\text{C}$ , в західному регіоні до  $10^{\circ}\text{C}$  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 межні.

Такі погодні умови зимовизначили 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.

Зимова межінь більшості річок держави характеризувалася більш високою водністю, порівняно з осінньою (внаслідок достатньої кількості опадів). Середні за 20 днів лютого витрати води (у відсотках від місячної норми):

- менші за норму – на притоках Середнього Дніпра (Псел, Рось, Оріль, Самара, Ворскла) (40-60);
- у межах норми – притоці Середнього Дніпра (Сула);
- більші та значно більші за норму – Верхньому Дніпрі (160-180).

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 спостерігалось 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 (верхів'я Верхнього Дніпра і Десни) до 60-113 мм (середні частини басейнів Верхнього Дніпра, Десни) та 1-32 мм у басейні Прип'яті.

Основні етапи розрахунків за моделлю.

1. Розрахунок факторів весняного водопілля, що використовуються в прогнозній схемі та при встановленні знаку дискримінантних рівнянь.

1.1. Сумарна кількість води, яка бере участь у формуванні весняного водопілля, виконується за схемою:

-для шарів стоку

а) в дату складання прогнозу (наприклад, 10, 20 або 28 лютого)

$$(S_m + X'_1 + X'_2)_{ДСП} = [S_{ДСП}(1 - f_l) + k_l S_{ДСП} f_l] + \Delta \bar{S} + X'_1 + X'_2, \quad (4.1)$$

б) в дату накопичення максимальних запасів води в сніговому покриві

$$S_m + X'_1 + X'_2 = [S_m(1 - f_l) + k_l S_m f_l] + X'_1 + X'_2, \quad (4.2)$$

-для максимальних витрат води

а) в дату складання прогнозу (наприклад, 10, 20 або 28 лютого)

$$(S_m + X_1')_{ДСП} = [S_{ДСП} (1 - f_n) + k_n S_{ДСП} f_n] + \Delta \bar{S} + X_1', \quad (4.3)$$

б) в дату накопичення максимальних запасів води в сніговому покриві

$$S_m + X_1' = [S_m (1 - f_n) + k_n S_m f_n] + X_1', \quad (4.4)$$

де  $S_{ДСП}$  - максимальні запаси води в сніговому покриві, які накопичилися на дату складання прогнозу, мм;

$\Delta \bar{S}$  - нормальна добавка до максимальних запасів води в сніговому покриві, мм, яка визначається за методикою для геометричних центрів водозборів в залежності від очікуваної температури повітря в лютому та березні по метеостанціях (нижче, вище або біля норми);

$X_1'$  - очікувані величини опадів в період танення снігу, мм;

$X_2'$  - очікувані величини опадів в період спаду водопілля, мм;

$S_m$  - максимальні запаси води в сніговому покриві на водозборі (за вимірами у полі) перед весняним водопіллям, мм.

Слід зазначити, що виходячі з гідрометеорологічних умов формування весняного водопілля у 2017-2018 р. коли дата накопичення максимальних снігозапасів спостерігалася на лівобережжі Дніпра 25-31 березня, а на правобережжі майже повсюдно 5 березня складання прогнозу у поточному році здійснювалося в дату 5 березня за умови подальшого випадіння опадів у вигляді снігу чи дощу вищим за норму.

Максимальні запаси води в сніговому покриві, що накопичилися на басейні до початку весняного сніготанення та рідкі опади періоду водопілля входять у дискримінантну функцію у вигляді модульного коефіцієнта  $k_X$ .

1.2. Індекс зволоження ґрунтів (у модульних коефіцієнтах):



$k_{Q_{nn}} = Q_{n\bar{n}} / (Q_{n\bar{n}})_0$  – середньомісячні (декадні) витрати води у січні та лютому перед початком весняного водопілля (для правобережної частини басейну) та

$k_{q_{09-01}} = q_{09-01} / (q_{(09-01)_0})$  – середні модулі стоку з вересня попереднього по січень поточного років (для лівобережної частини басейну).

1.3. Максимальна на дату прогнозу глибина промерзання ґрунтів (у модульних коефіцієнтах)  $k_L = L / L_0$ .

1.4. Середньомісячна температура повітря лютого  $\theta_{02}$ , °С встановлюється за даними метеостанцій, розташованих близько до центрів тяжіння водозборів.

2. Етапи складання прогнозів характеристик весняного водопілля.

2.1. Встановлення типу майбутньої весни – визначається знак лінійної дискримінантної функції  $DF$ , яка розраховується в дату складання прогнозів за рівняннями:

- для правобережної частини території України

$$DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{Q_{n\bar{n}}} + a_3 k_L + a_4 \theta_{02}; \quad (4.5)$$

- для лівобережної частини території України

$$DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{q_{09-01}} + a_3 k_L + a_4 \theta_{02}; \quad (4.7)$$

де  $A(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4)$  - вектор коефіцієнтів дискримінантної функції (табл. 3.1 та 3.2).

2.2. Прогноз величин шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілляу вигляді відносних їх значень  $k_m$  здійснюється за регіональними залежностями– за знаком дискримінантної функції  $DF$  і даними максимальних запасів води у сніговому покриві й дощових опадів під час водопілля, виражених відносно їх норми  $k_X$ .

Коефіцієнти поліномів, які описують прогнозні залежності з умовами застосування кривих за ознаками  $DF$  наводяться в (табл. 3.3 та 3.4).

2.3. Перехід від  $k_m$  до очікуваних значень шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля  $Y_m$ ,  $Q_m$  здійснюється за рівняннями (3.21) та (3.29) відповідно.

2.4. Забезпеченість прогнозованого шару стоку та максимальної витрати води весняного водопілля встановлюється за таблицею трипараметричного гама-розподілу за очікуваним модульними коефіцієнтами  $k_m$  і значенням  $C_\gamma$ . Забезпеченість прогнозних величин  $Y_m$  та  $Q_m$  коливатиметься в межах інтервалу  $P\%$ .

3. Формою подання прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля у поточному році є:

- таблиці очікуваних величин (найбільш ймовірного їх значення, визначеного за методикою прогнозу та інтервал  $Y_m$  та  $Q_m$  з врахуванням допустимої похибки прогнозу) та забезпеченості їх настання у багаторічному періоді (табл.4.1, 4.2);

Таблиця 4.1 – Очікувані шари стоку (мм) весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра (ДВП 5 березня 2018 р.)

Код поста	Річка	Пункт	Очікуване значення шару стоку	P%	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.Андріївка	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 4.1

Інтервал очікуваних значень (- $\delta_{\text{доп}}$ ,мм)	Інтервал очікуваних значень (+ $\delta_{\text{доп}}$ ,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

Таблиця 4.2 – Очікувані максимальних витрат води весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра (ДВП 5 березня 2018 р.)

Код поста	Річка	Пункт	Очікуване значення $Q_m$	P%	Допустима похибка, $\delta_{\text{доп}}$
80473	Оріль	сmt Царічанка	52,0	80-90	116
80486	Самара	с.Кочережки	34,0	90-95	64,8
80505	Вовча	сmt Васильківка	35,0	50-60	232
80513	Мокри Яли	сmt Грушевський	5,80	50-60	49,4
80518	Гайчур	с. Андріївка	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.Олександрo-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 4.2

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

- попередня прогностична оцінка ризиків затоплення здійснюється за допомогою побудови карто-схеми розподілу по території очікуваних модульних коефіцієнтів  $k_m$  та їх забезпеченості у багаторічному розрізі  $P$  %, які відносяться до геометричних центрів водозборів і узагальнюються у вигляді ізоліній. Такі карти представляються на дату випуску прогнозу при накопиченні снігозапасів 5.03.2018, та які прийняті в прогностичній схемі подальших опадів у вигляді снігу вищим за норму наведені на рис. 4.1 – 4.2 (для шарів стоку весняного водопілля), 4.3-4.4 (для максимальних витрат води).

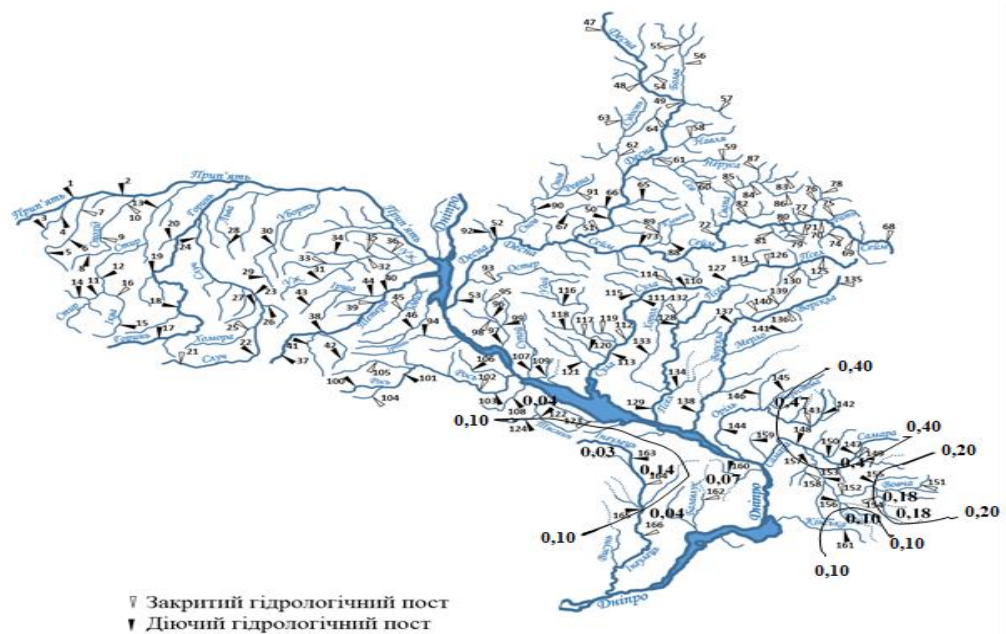


Рис. 4.1 – Розподіл прогнозних величин модульних коефіцієнтів шарів стоку весняного водопілля 2017-2018 року по території суббасейну Нижнього Дніпра

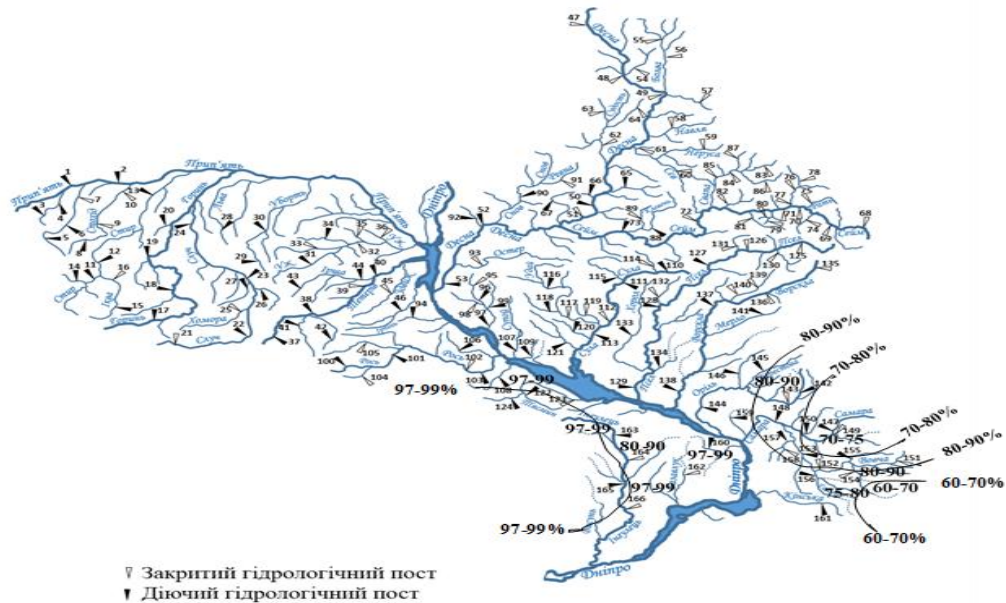


Рис. 4.2 – Розподіл забезпеченостей прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля 2017-2018 року ( $P\%$ ) по території суббасейну Нижнього Дніпра

З картосхеми (рис.4.1) можна побачити, що на території суббасейну Нижнього Дніпра значення модульних коефіцієнтів шарів стоку змінюється від 0,10 до 0,40. Це означає, що водопілля очікувалося на правобережжі та лівобережжі території Нижнього Дніпра нижче норми. За картосхемою (рис.4.2) забезпеченості прогнозних величин шарів стоку змінюється від 60-70% до 97-99%. Це говорить про те, що ризиків підтоплення не спостерігалось. У багатоводні роки ризик затоплення території суббасейну Нижнього Дніпра має місце на ділянках річок Оріль, Самара, Кінська, Тясмин та Інгулець.

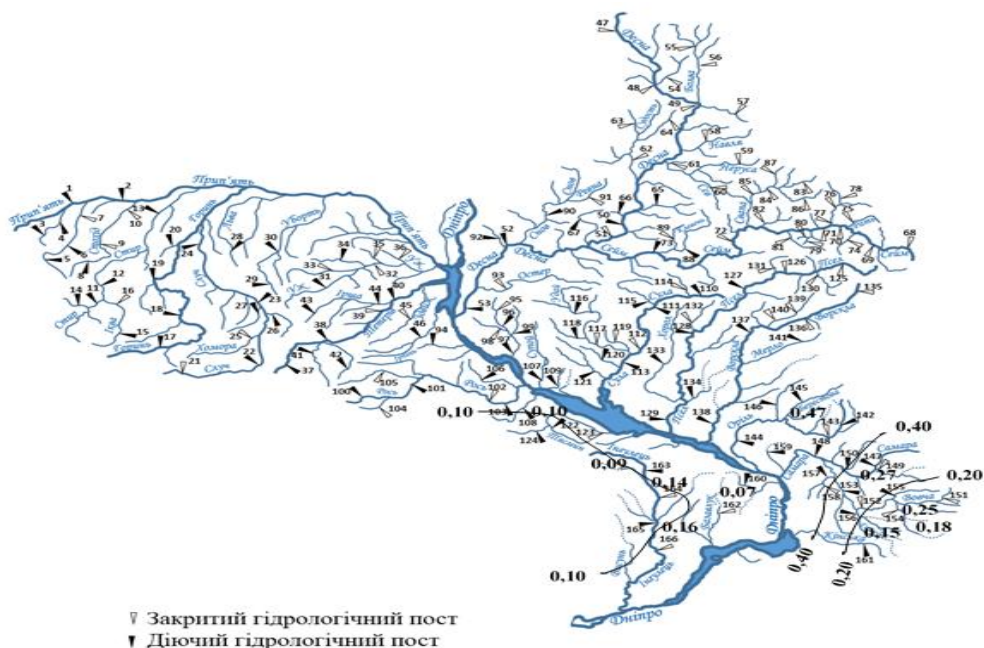


Рис. 4.3 – Розподіл прогнозних величин модульних коефіцієнтів максимальних витрат води весняного водопілля 2017-2018 року по території суббасейну Нижнього Дніпра ( в ДВП 5 березня 2018 р.)

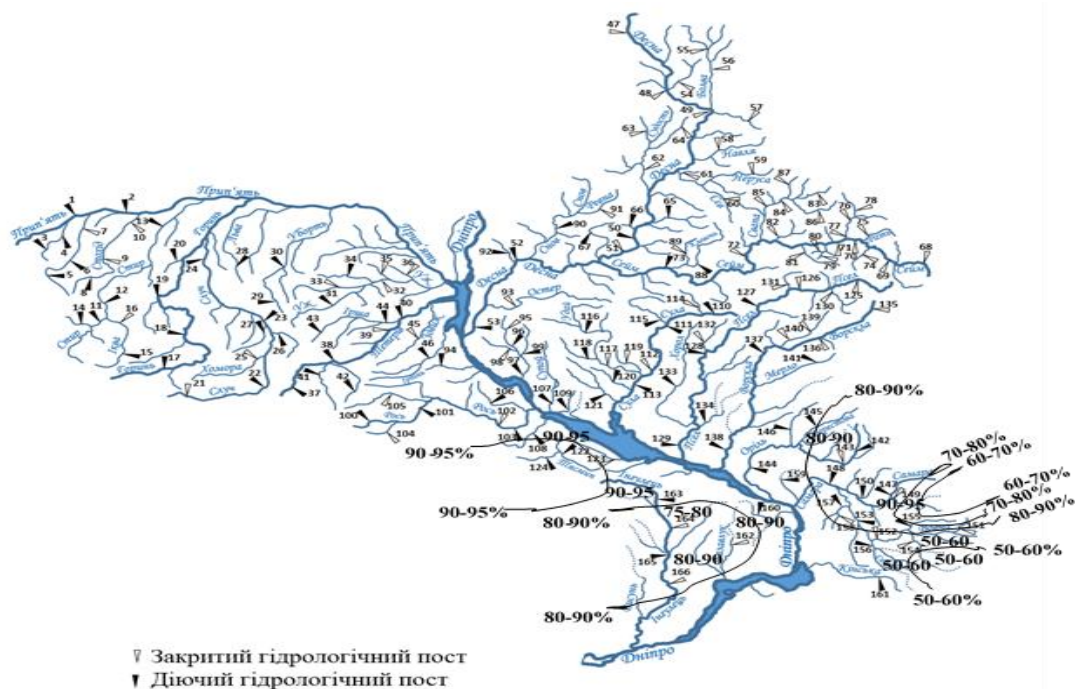


Рис. 4.4 – Розподіл забезпеченостей прогнозних величин максимальних витрат води весняного водопілля 2017-2018 року (P%) по території суббасейну Нижнього Дніпра

З картосхеми (рис.4.3) можна побачити, що на території суббасейну Нижнього Дніпра значення модульних коефіцієнтів максимальних витрат води змінюється від 0,10 до 0,40, це означає що водопілля очікувалося на правобережжі та лівобережжі території Нижнього Дніпра нижче за норму. За картосхемою (рис.4.4) забезпеченостей прогнозних величин максимальні витрати води змінюються від 50-60% до 90-95%. Це говорить про те, що ризиків підтоплення не спостерігалось.

Слід зазначити, що за довгостроковим прогнозом УкрГМЦ та обласними гідрометорганізаціями у басейні Дніпра шари стоку весняного водопілля 2017-2018 р. прогнозувалися станом на 10 березня (уточнюючий прогноз) вираженою водопільною хвилею і вищим порівняно з водопіллям 2017 р. та останніх років.

За довгостроковим прогнозом УкрГМЦ та обласними гідрометорганізаціями у басейні Дніпра максимальні рівні води весняного водопілля 2017-2018 р. станом на 10 березня (уточнюючий прогноз) прогнозувалися:

- переважно вищими за норму на Верхньому Дніпрі (Чернігівська обл.);
- переважно близьке до норми- притоки Середнього Дніпра (річки Сула, Удай);
- переважно нижче за норму на притоках Середнього Дніпра (крім річок Сула, Удай).

4. Оцінка довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля здійснюється шляхом визначення похибки прогнозу  $\delta$  (мм чи м<sup>3</sup>/с) та в частках від допустимої похибки  $\delta_{дон}$  (мм або м<sup>3</sup>/с), яка визначається за багаторічним рядом шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля. Прогноз вважається справджуваним, якщо відношення  $\delta/\delta_{дон} \leq 1.0$  [12,65,66]. Результати оцінки довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра наведені в табл.

4.3, 4.4. Перевірні прогнози шарів весняного стоку в басейнах річок Оріль і Самара є справджуваними.

Таблиця 4.3 – Оцінка прогнозу шарів стоку весняного водопілля

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

Таблиця 4.4 – Оцінка прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля

Річка-пост	$(kQ_m)_{пр}$	$(Q_m)_{пр},$ м <sup>3</sup> /с	$P\%$	$(Q_m)_{сп},$ м <sup>3</sup> /с	$\delta,$ м <sup>3</sup> /с	$\delta_{доп},$ м <sup>3</sup> /с	$\delta/\delta_{доп}$ п
Оріль-с.МТ Царичанка	0,33	52,5	80-90	76,0	24	116	0,20
Самара- с.Кочеріжки	0,27	34,0	90-95	41,1	7	64,8	0,11

На рис. 4.5 та 4.6 представлені комплексні графіки ходу гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля 2017-2018 р. для р.Оріль- с.Царичанка і р.Самара –с.Кочеріжки.

З графіків можна побачити, що на постах р.Оріль-с.Царичанка та р.Самара-с.Кочеріжки рівень води не перевищив відмітки НЯ та СГЯ, це говорить про те, що ризиків підтоплення не відбувалося. Максимальні рівні у більш посушливих регіонах басейну - на р. Самара – с. Кочережки становить 360 см, а на р. Оріль – с. Царичанка – 604 см.



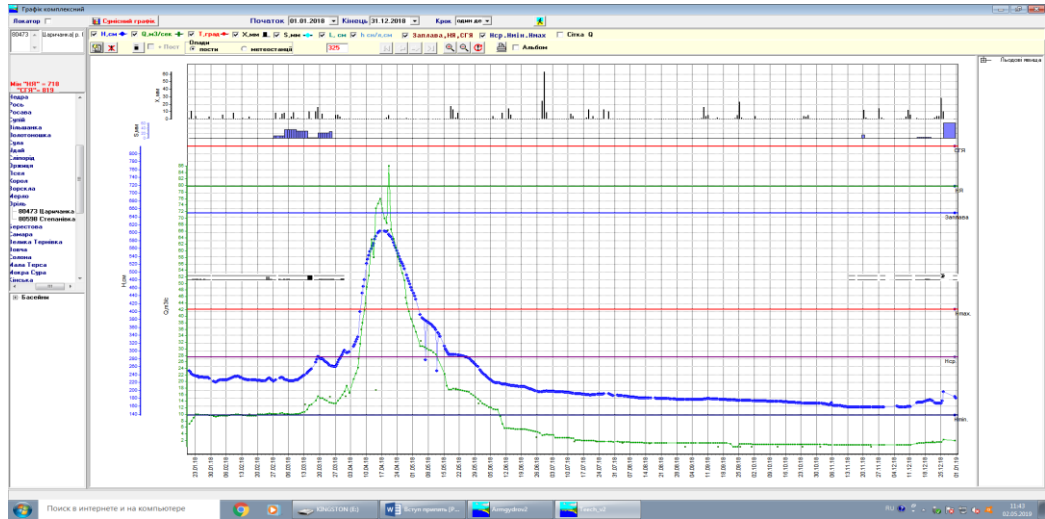


Рис. 4.5 -Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля 2017-2018 р. для р.Оріль- с.Царичанка

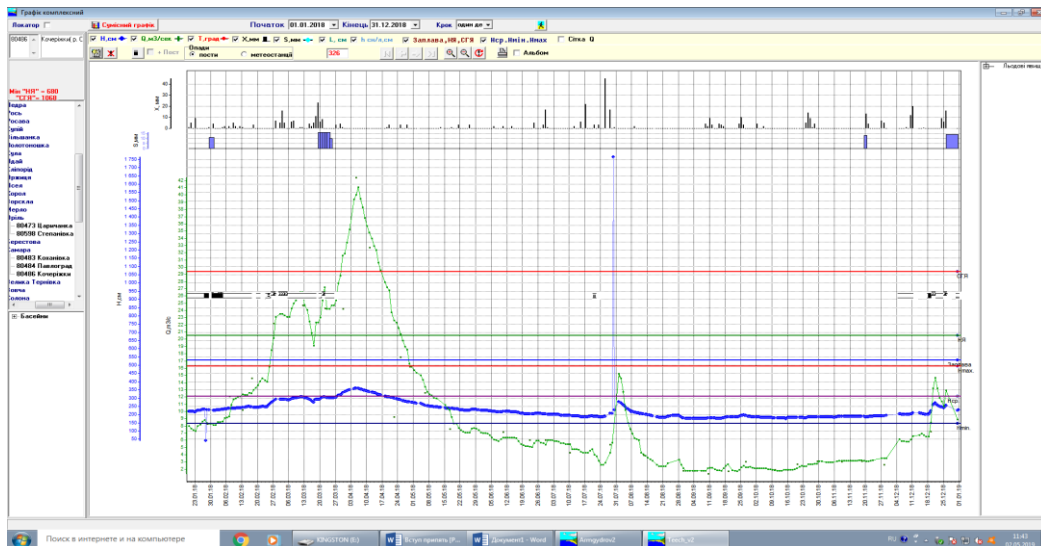


Рис. 4.6 -Комплексний графік ходу гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля 2017-2018 р. для р.Самара- с.Кочеріжки

5. Схема складання прогнозу характеристик весняного водопілля за наявності картосхем очікуваних модульних коефіцієнтів та їх ймовірності.

За відсутності гідрометеорологічних даних спостережень вихідними є картосхеми очікуваних величин модульних коефіцієнтів  $k_Y$ ,  $k_{q_m}$  та їх забезпеченостей  $P_Y \%$  (див. рис. 4.1 - 4.4).

З карти  $k_Y$  та  $k_{q_m}$  знімається по центру будь-якого водозбору розглядуваної території очікуване значення модульного коефіцієнта шарів стоку чи максимальної витрати води водопілля. Якщо прогнозований модульний коефіцієнт  $k_Y$  (або  $k_{q_m}$ )  $< 1$ , то шари стоку водопілля будуть нижчими за норму, якщо ж  $k_Y$  (або  $k_{q_m}$ )  $> 1$ , то водопілля очікується вищим за норму, а якщо ж  $k_Y$  (або  $k_{q_m}$ ) знаходиться в межах одиниці, то водопілля буде близьким до норми.

Другим видом подання прогнозованої інформації є картосхема ймовірності перевищення прогнозних величин (шарів стоку весняного водопілля) у багаторічному розрізі ( $P$  %) у будь-якій частині території, незалежно від стану її гідрометеорологічної вивченості. Для оцінювання ймовірності повторюваності прогнозного значення шарів стоку  $Y_m$  з карти забезпеченостей територіального прогнозу знаходиться величина забезпеченості  $P$  %.

Кількісні стокові величини визначаються для шарів стоку весняного водопілля  $Y_m$ , мм

$$Y'_m = k_Y \cdot Y_0 \cdot K_{Y_{2010}},$$

Тобто при введенні регіональних коефіцієнтів  $K_{Y_{2010}}$ , що враховують сучасне зменшення шарів стоку весняного водопілля визначаються за рівняннями  $K_{Y_{2010}} = 0,97 - 0,017(\varphi^o - 50)$  ( $\varphi^o$  - географічна широта географічного центру річкового водозбору, в частках град.півн.ш.).

Середньобагаторічні величини шарів весняного стоку де  $Y_0$  встановлюються часовими рядами спостережень, а для невивчених у гідрологічному відношенні річок за карта-схемою розподілу величини по території.

Для оцінювання ймовірності повторюваності прогнозного значення максимальних витрат води  $Q_m$  з карти забезпеченостей територіального прогнозу знаходиться величина забезпеченості  $P$  %.

Кількісні стокові величини визначаються для максимальних витрат води  $Q_m$ , м<sup>3</sup>/с

$$Q'_m = k_{q_m} \cdot q_0 \cdot K_{Q_{2010}} \cdot F,$$

але при введенні регіональних коефіцієнтів  $K_{Q_{2010}}$ , що враховують сучасне зменшення максимальних витрат води весняного водопілля визначаються за рівнянням  $K_{Q_{2010}} = 0,92 - 0,022(\varphi^o - 50)$  відповідно ( $\varphi^o$  - географічна широта географічного центру річкового водозбору, в частках град.півн.ш.).

Середньобагаторічні величини максимальних витрат води (модулів)  $Q_0(q_0)$  встановлюються часовими рядами спостережень.

За відсутності даних спостережень за стоком норма максимального модуля весняного водопілля  $q_0$  визначається за методикою, яка спирається на модель типового редуційного гідрографа водопілля і розраховується за рівнянням

$$q_0 = q'_0 \psi(t_p / T_0) \varepsilon_F \cdot r, \quad (4.7)$$

де  $q_0$  – середньобагаторічний модуль максимального стоку, м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>);

$q'_0$  – середньобагаторічний модуль максимальної витрати води схилового припливу, м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>);

$\psi(t_p / T_0)$  - трансформаційна функція розпластування повеневих хвиль під впливом руслового добігання;

$\varepsilon_F$  - коефіцієнт русло-заплавного регулювання;

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

Основні результати роботи автора були викладені у працях [67-71].

## 4.2 Попередня прогностична оцінка строків проходження весняного водопілля річок суббасейну Нижнього Дніпра

### 4.2.1 Створення бази вихідних даних (базова і оперативна гідрометінформація)

Для складання оперативного прогнозу строків проходження весняного водопілля необхідна така вихідна інформація:

#### 1. Базова інформація:

- площа водозбору;
- географічна широта геометричного центру тяжіння водозбору;
- наявність метеостанцій на водозборі.

#### 2. Оперативна інформація:

- дані снігозйомок для визначення дати максимальних снігозапасів в басейнах річок лівобережної України;
- середньо декадна температура повітря на метеостанції, яка розташована в центрі тяжіння водозбору, за синоптичним прогнозом.

Вихідні метеорологічні дані, порядок та оцінка прогнозу дат початку весняного водопілля 2017-2018 рр. на річках України наведена в таблицях за текстом.

#### 4.2.2 Порядок складання прогнозу дат початку весняного водопілля

Прогнозування дат початку весняного водопілля в кожному році включає наступні етапи:

а) вибір дати максимальних снігозапасів:

за даними снігомірних зйомок було встановлено, що у 2018 р. дата максимальних снігозапасів на водозборах приток суббасейну Нижнього Дніпра змінюються від 5-6 березня в басейнах річок Тясмін, Базавлук та Інгулець, 20 березня в басейні р. Гайчур, 21 березня в басейнах річок Оріль, Самара, 22 березня в басейні р. Вовча і 25 березня спостерігалася в басейні р. Мокрі Яли. Ці дати є датами складання прогнозу дати початку водопілля;

б) вибір декади наступної після дати  $D_{Sm}$  – від першої - другої декади березня в басейні середніх та нижніх приток Дніпра;

в) отримання для цих декад температури повітря для метеостанцій, які розташовані в центрі тяжіння водозборів;

г) розрахунок тривалості водовіддачі снігу  $t'_e$  ведеться за формулою:

$$t'_e = [0,43(\varphi - 50) + 7,72] - [0,16(\varphi - 50) + 1,64] * \theta_1$$

де  $(\varphi - 50)$  – приведена до 50 п.ш. географічна широта геометричного центру тяжіння водозбору, град.п.ш.

$\theta_1$  - температури повітря за декаду, наступну після  $D_{Sm}$ ,  $C^\circ$ .

д) визначення дат початку весняного водопілля ведеться за схемою:

$$D'_{ne} = D_{Sm} + t'_e,$$

де  $D'_{ne}$  – очікувана дата початку весняного водопілля;

$D_{Sm}$  – дата утворення максимальних запасів води в сніговому покриві;

$t'_e$  – очікувана тривалість періоду від дати  $D_{Sm}$  до дати початку водопілля  $D'_e$ .

е) встановлення ймовірності настання дати початку весняного водопілля за кривими забезпеченості;

ж) форма представлення прогнозу дат початку весняного водопілля у вигляді:

- складання таблиці прогнозних дат початку весняного водопілля відносно їх відхилення від середньобагаторічних дат у вигляді:

$$\Delta D_e = D'_e - (D_e)_0$$

та інтервалу очікуваних дат  $D'_e \pm \delta_{дон}$ ;

- карто-схема очікуваних дат початку весняного водопілля: початок весняного водопілля на річках очікувався з 13-15 березня на правобережних притоках суббасейну Нижнього Дніпра, зміщуючись до 24-30 березня на лівобережні притоки суббасейну Нижнього Дніпра (рис. 4.7) .

- побудова карти забезпеченості прогнозних дат початку весняного водопілля (рис.4.8);

з) виконання оцінки прогнозу дати початку весняного водопілля на річках, (табл.4.5) як:

$$\delta D'_e = D_e - D'_e ,$$

а також

$$\delta D'_e / \delta_{дон},$$

де  $\delta_{дон}$  – допустима похибка при прогнозі дат початку весняного водопілля.

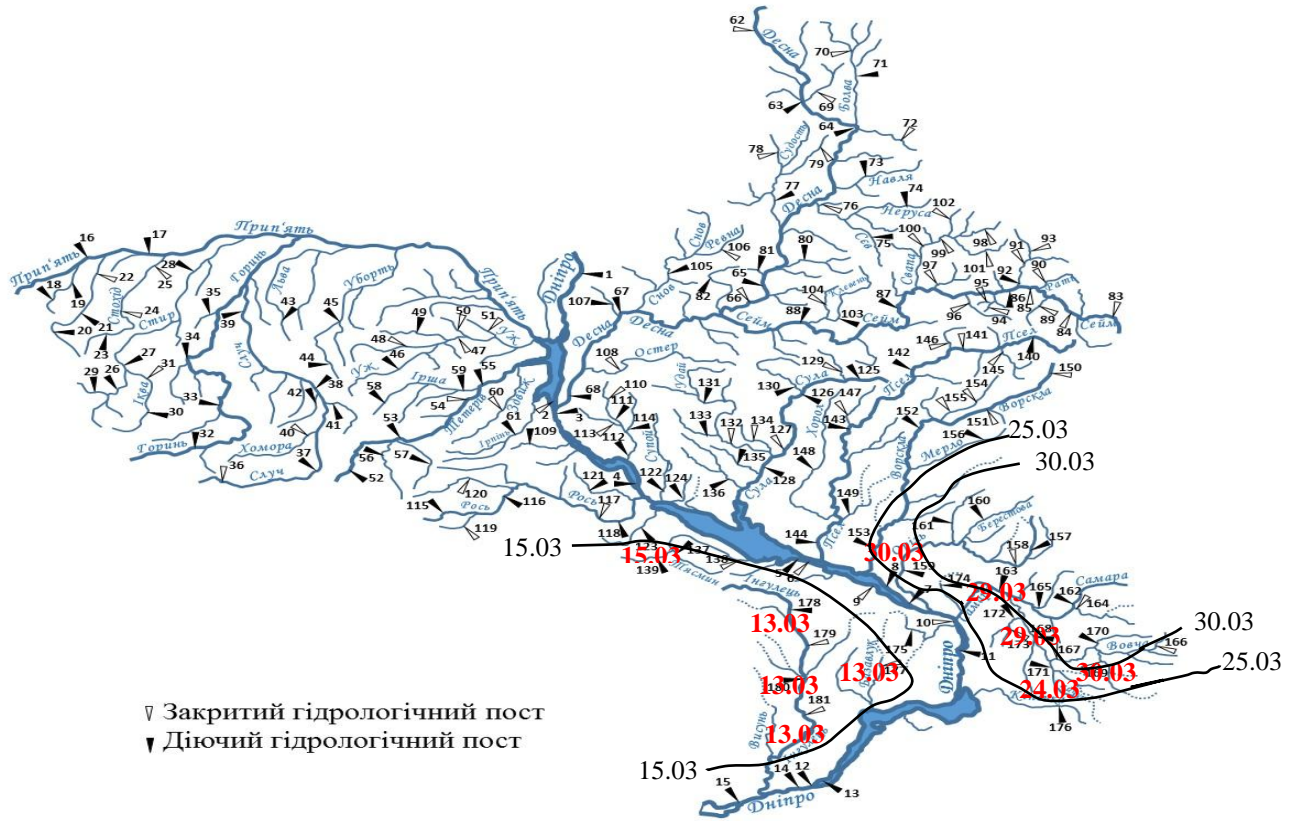


Рис. 4.7 – Карто-схема очікуваних дат початку весняного водопілля

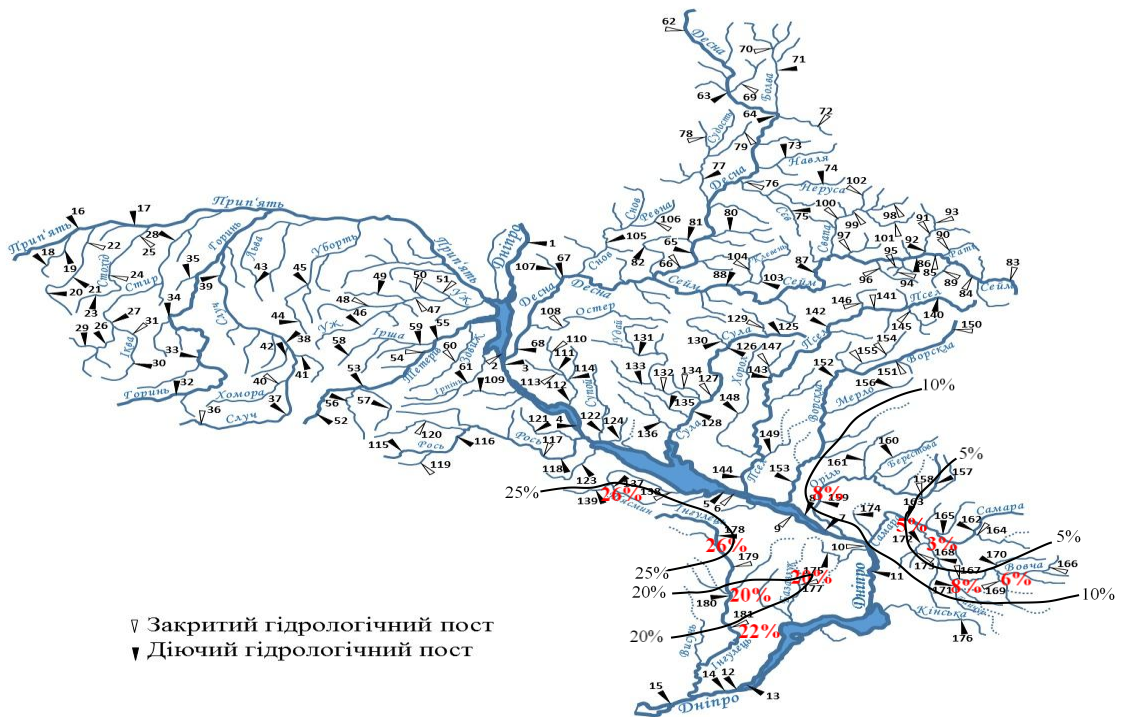


Рис. 4.8 – Розподіл забезпеченостей прогнозних дат початку весняного ВОДОПІЛЛЯ

Визначення  $\delta_{дон}$  при прогнозуванні дат початку весняного водопілля відбувається в залежності від завчасності прогнозу, яка визначається самою прогновною величиною  $t'_{в}$ .

Результати оцінки прогнозів дат початку весняного водопілля у 2018 році для лівобережних та правобережних приток суббасейну Нижнього Дніпра показані в табл.4.5-4.6.

Таблиця 4.5 – Оцінка прогнозу дат початку весняного водопілля на басейнах лівих приток Нижнього Дніпра

Річка-пост	(Дв)пр	P%	(Дв)сп	$\delta$ , м <sup>3</sup> /с	$\delta_{доп}$ , м <sup>3</sup> /с	$\delta/\delta_{доп}$
Оріль-с.МТ Царичанка	30.03	8	3.04	4	6	0,7
Самара- с.Кочеріжки	29.03	4,5	25.03	-4	6	0,7
Вовча – с.МТ Васильківка	29.03	3	27.03	-3	6	0,4
Мокрі Яли – с.МТ Грушевський	30.03	6	10.03	-20	6	3,4
Гайчур – с. Андріївка	24.03	8	10.03	-14	6	2,4

Таблиця 4.6 – Оцінка прогнозу дат початку весняного водопілля на басейнах правих приток Нижнього Дніпра

Річка-пост	(Дв)п р	P%	(Дв)с п	$\delta$ , м <sup>3</sup> /с	$\delta_{доп}$ , м <sup>3</sup> /с	$\delta/\delta_{доп}$
Тясмін-с. В.Яблунівка	15.03	26	10.03	-6	6	1,0
Базавлук-с.Катерино- Наталівка	13.03	20	10.03	-3	6	0,5
Інгулець – с. Олександро- Степанівка	13.03	26	08.03	-6	6	0,9
Інгулець – м. Кривий Ріг	13.03	20	07.03	-6	6	1,0
Інгулець – с. Могилівка	13.03	22	07.03	-6	6	1,0



#### 4.2.3 Порядок складання прогнозу дат проходження максимальних витрат води весняного водопілля

Прогнозування дат проходження максимальних витрат води весняного водопілля в кожному році може відбуватися у двох варіантах та включає наступні етапи:

I варіант – прогноз строків проходження максимальних витрат води весняного водопілля відбувається в спостережену дату початку водопілля  $D_e$  :

а) вибір декади наступної після дати  $D_e$  – друга декада березня – перша декада квітня;

б) отримання для цих декад температури повітря для метеостанцій, які розташовані в центрі тяжіння водозборів;

в) розрахунок тривалості підйому весняного водопілля  $t_n$  ведеться за схемою:

$$t_n = \{3,45 * \exp [0,42 * \lg(F+1)]\} - [-0,12(\varphi - 50) + 1,75] * \theta_2,$$

де  $(\varphi^\circ - 50)$  - географічна широта геометричного центру тяжіння водозбору, град. п.ш;

$\theta_2$  - температури повітря за декаду, наступну після  $D_e$ , °С.

г) встановлення дати проходження максимальних витрат води весняного водопілля виконується так:

$$D'_{Qm} = D_e + t'_n,$$

де  $D'_{Qm}$  – очікувана дата максимальної витрати води водопілля;

$D_e$  – дата початку весняного водопілля;

$t'_n$  – очікувана тривалість підйому весняного водопілля.

д) встановлення ймовірності настання дат максимальних витрат води весняного водопілля 2006 р. Р% ведеться по кривих забезпеченості цих дат, які представлені.

е) форма представлення дат максимальних витрат весняного водопілля у вигляді:

- складання таблиці прогнозних дат максимальних витрат води весняного водопілля відносно їх відхилення від середньобагаторічних дат у вигляді:

$$\Delta D_{Qm} = D'_{Qm} - (D_{Qm})_0.$$

та інтервалу очікуваних дат  $D'_{Qm} \pm \delta_{don}$

- побудови карти забезпеченості прогнозних дат максимальних витрат води весняного водопілля;

ж) виконання оцінки прогнозу дати максимальних витрат води весняного водопілля на річках, як:

$$\delta D'_{Qm} = D_{Qm} - D'_{Qm}$$

а також

$$\delta D'_{Qm} / \delta_{don},$$

де  $\delta_{don}$  – допустима похибка при прогнозі дат максимальних витрат води весняного водопілля.

Визначення  $\delta_{don}$  при прогнозі дат максимальних витрат води весняного водопілля відбувається в залежності від завчасності прогнозу, яка визначається самою прогнозною величиною тривалості підйому водопілля  $t'_n$ . Значення  $t'_n$  у 2006 р. змінюється для різних за площею водозборів на території України і представлені залежністю, тобто завчасність прогнозів

$D'_{Qm}$  збільшується від 18-20 діб (на річках півночі та північного сходу України з площею водозборів від 11300 до 36300 км<sup>2</sup>) при збільшені площ розглядуваних водозборів.

II варіант – дата прогнозу строків проходження максимальних витрат води в дату накопичення максимальних снігозапасів. Схема прогнозу залишається такою ж як у I варіанті, але в розрахункових формулах спостережена дата початку водопілля  $D_e$  замінюється на прогнозну –  $D'_e$ .

#### 4.2.4 Прогноз дат початку весняного водопілля за відсутності гідрологічних спостережень на річках (по картах їх розподілу по території)

Прогнозування дат початку весняного водопілля у кожному році може вестися по картах їх розподілу по території. З цією метою для будь-якого водозбору розглядуваної території, включаючи і невивчені у гідрологічному відношенні річки, по геометричних центрах тяжіння водозборів по карті очікуваних дат початку водопілля встановлюються  $D'_e$ .

Крім того по картах забезпеченості аналогічним чином встановлюється ймовірність настання прогнозних дат початку водопілля у багаторічному розрізі  $P\%$ .

#### 4.2.5 Прогнозування дат максимальних витрат води водопіль за відсутності гідрологічних спостережень на річках

Схема прогнозування дат максимальних витрат води водопіль  $D_{Qm}$  за відсутності спостережень на річках ведеться за такою схемою:

1) за даними спостережень або по карті для центрів тяжіння водозборів встановлюється дата початку водопілля  $D_e$ .

2) визначається тривалість підйому водопілля  $(t_n)_{np}$  за формулою

$$t_n = \{3,45 * \exp [0,42 * \lg(F+1)]\} - [-0,12(\varphi - 50) + 1,75] * \theta_2.$$

3) дата максимальної витрати води прогнозується за схемою

$$D_{Q_m} = D_e + (t_n)_{np}.$$

4) по картах забезпеченості для дат  $Q_m$  встановлюється ймовірність настання прогнозних дат максимальних витрат води весняного водопілля у багаторічному розрізі  $P\%$ .

5) для річок розглядуваної території виконання оцінки прогнозних дат проходження максимальних витрат води весняного водопілля можливе за наявності даних про спостережені дати проходження весняних максимумів на річках.

## Висновки

В результаті виконання магістерської роботи використана методика попередньої прогностичної оцінки небезпек повеней для суббасейну Нижнього Дніпра на основі довгострокового прогнозування максимального стоку весняного водопілля. Крім того отримано такі висновки:

1. З метою імплементації Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу 2000/60/ЄС (ВРД ЄС) від 23 жовтня 2000 року в різних регіонах України важливим питанням постає класифікація річок і гідрографічне районування території України за басейновим принципом, що дасть змогу покращити систему управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів країни, у тому числі й малих річок. Територія Нижнього Дніпра є одним з п'яти суббасейнів річкового басейну Дніпра.

2. Дана робота виконується згідно положень Паводкової Директиви 2007/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2007 року про оцінку і управління ризиками затоплень, яка спрямована на запобігання, захист і зменшення негативного впливу повеней на здоров'я людей, довкілля, культурну спадщину та господарську діяльність. За даними АРМ-моніторингу здійснений аналіз по рокам зон затоплення, згідно якого було виявлено, що спостережені гідрологічні ризики, а саме затоплення в суббасейні Нижнього Дніпра здебільшого спостерігалися за період з 1964 року.

3. Проаналізовано фізико-географічні характеристики суббасейну Нижнього Дніпра. Басейни річок розташовані в степовій зоні недостатнього зволоження, на Дніпровсько-Донецькій та Причорноморській западині. Територію Нижнього Дніпра здебільшого покривають південні чорноземи, а також каштанові ґрунти. Для півдня степової зони (особливо її східної частини) характерним явищем є засоленість ґрунтів. Зона характеризується посушливим кліматом, несталим зимовим режимом з нестійким сніговим

покривом у зв'язку з частими відлигами, які призводять до часткового або повного танення снігу і формування зимових паводків різної інтенсивності та водності. Строки початку водопіль коливаються від кінця лютого до початку березня, а закінчення водопілля припадає на середину-кінець квітня.

4. В роботі досліджено гідрологічну вивченість суббасейну Нижнього Дніпра відповідно до класифікації річок за вимог ВРД ЄС. Так, до категорії дуже великих річок (площа понад 10000 км<sup>2</sup>) належать 8% річок з періодом спостережень більше 50 років на 2 постах; до категорії великих річок (площа від 1000 км<sup>2</sup> до 10000 км<sup>2</sup>) належать 56 % річок, які мають період спостережень на 10 постах більше 50 років; до категорії середніх річок (площа від 100 км<sup>2</sup> до 1000 км<sup>2</sup>) належать 36 % річок, які мають на 6 постах період спостережень більше 50 років; в категорії малих річок відсутні річки, які мають площу від 10 км<sup>2</sup> до 100 км<sup>2</sup>.

5. В роботі для попередньої прогностичної оцінки небезпек повеней здійснено випуск довгострокового прогнозу шарів стоку і максимальних витрат води весняного водопілля 2017-2018 р. за територіальною методикою довгострокових прогнозів весняного стоку рівнинних річок при попередньому встановленні типу водності весни при використанні моделі дискримінантної функції і комплексу гідрометеорологічних чинників.

6. Побудовані картосхеми модульних коефіцієнтів шарів стоку та максимальних витрат води на території суббасейну Нижнього Дніпра показали, що їх значення змінюється від 0,10 до 0,40. Це означає, що водопілля очікувалося на правобережжі та лівобережжі території Нижнього Дніпра нижче норми. За картами забезпеченостей прогнозних величини шарів стоку  $P^0\%$  змінюються від 60-70% до 97-95%, а максимальні витрати води  $P^0\%$  змінюються від 50-60% до 90-95% і нижче. Складені прогнози максимального стоку при проходженні весняного водопілля на річках суббасейну Нижнього Дніпра показали, що небезпек підтоплення не спостерігалось.

7. Здійснена оцінка прогнозу максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля ( $\delta/\delta_{дон}$ ), 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  $\delta \leq \delta_{дон}$ .

8. Здійснено прогноз строків початку і дат настання весняного водопілля 2017-2018 р., який показав зміну дат з більш ранніх на південно-західній частині правих приток суббасейну Нижнього Дніпра до більш пізніх - на території лівих приток суббасейну Нижнього Дніпра в діапазоні від 13.03-15.03 по 24.03-30.03.

## Список використаної літератури

1. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 240 с.
2. Гребінь В.В., Хільчевський В.К. Ретроспективний аналіз досліджень річкової мережі України та застосування типології річок водної рамкової директиви ЄС на сучасному етапі. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2016. Т.2(41) С. 32-47.
3. Родевич В.М. К вопросу классификации рек. Изв. ГГИ, №35, 1931. С. 22-35.
4. Водний кодекс України / Відомості Верховної Ради України, 1995, №24, ст.189 (зі змінами та доповненнями протягом 2000-2014рр.).
5. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. 307 с.
6. Методика гидрографического районирования территории Российской Федерации. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Приказ от 25 апреля 2007 года №112. [Електронний ресурс][http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=21153&sphrase\\_id=4102235](http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=21153&sphrase_id=4102235)
7. Огиевский А.В. Гидрология суши (общая и инженерная) Государственное издательство сельськохозяйственной литературы Москва: Гидрометеиздат, 1952. 509 с.
8. Чеботарев А.И. Общая гидрология (воды суши) Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. 543 с.
9. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 447 с.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР Т.6. Украина и Молдавия. Вып.2. Среднее и Нижнее Поднепровье / [под ред. М.С.Каганера]. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 656 с.



11. Нежиховский Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 476 с.
12. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. 389 с.
13. Руководство по гидрологическим прогнозам. Выпуск 2. Краткосрочный прогноз расхода и уровня воды на реках Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. 245 с.
14. Швебс Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.
15. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу / В.В.Гребінь, В.Б.Мокін, В.А.Сташук, В.К.Хільчевський, М.В.Яцюк, О.В.Чунарьов, Є.М.Крижановський, В.С.Бабчук, О.Є.Ярошевич Київ: Інтерпрес ЛТД, 2013. 55 с.
16. Гребінь В.В., Мокін В.Б., Яцюк М.В., Чунарьов О.В. Нове гідрографічне та водогосподарське районування як передумова впровадження інтегрованих підходів в управління водними ресурсами за басейновим принципом // Матеріали науково-практичної конференції «Сучасний стан та перспективи розвитку управління водними ресурсами України», 10-11 жовтня 2012 р., Київ: ДІУЕВР, 2012. С.7-8.
17. Гребінь В.В., Яцюк М.В., Чунарьов О.В. Гідрографічне районування території України як передумова розробки планів інтегрованого управління річковими басейнами // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2012. Т. 2 (27). С. 8-16.
18. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України Про затвердження Меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок від 03.03.2017 р. № 103 / Офіційний вісник України від 21.04.2017. 2017 р., № 32, стор. 154, стаття 997, код акта 85645/2017.

19. Директива 2007/60/ЕС Европейського Парламенту і Ради від 23 жовтня 2007 р. про оцінку і управління ризиками наводнень (Директива про наводнення) [Електронний ресурс]: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0060>.
20. Наказ Міністерства внутрішніх справ України 17.01.2018 № 30 Про затвердження Методики попередньої оцінки ризиків затоплення / Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 07 лютого 2018 р. за № 153/31605 // *Офіційний вісник України* від 20.03.2018. 2018 р., № 22, стор. 294, стаття 749, код акта 89374/2018.
21. Наказ Міністерства внутрішніх справ України 28.02.2018 № 153 Про затвердження Методики розроблення карт загрози і ризиків затоплення / Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 22 березня 2018 р. за № 350/31802. // *Офіційний вісник України* від 20.04.2018. 2018 р., № 31, стор. 249, стаття 1101, код акта 89811/2018.
22. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 квітня 2018 р. № 247 Про затвердження Порядку розроблення плану управління ризиками затоплення / *Офіційний вісник України* від 24.04.2018. 2018 р., № 32, стор. 29, стаття 1116, код акта 89821/2018.
23. Звіт про науково-дослідну роботу № 3/16 «Розроблення критеріїв та попередня оцінка ризиків затоплення територій у межах річкових басейнів відповідно до нормативних документів ЄС». Київ, 2018. 197 с.
24. Атлас України / кер. проекту Л.Г. Руденко, В.С. Чабанюк, А.І. Бочковська / Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», 1999–2000. URL: <http://www.isgeo.kiev.ua>
25. Відомча інформація про автоматизовані масиви даних надзвичайних ситуацій, пов'язаних з повеннями на період 2000-2017 рр, ДСНС України.
26. Вишневецький В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-Центр. 2003. 324 с.

27. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.
28. Клімат України / За ред. В.М.Ліпінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
29. Клімат України: у минулому...і майбутньому?/ М.І.Кульбіда, М.Б.Барабаш, Л.О.Єлістратова, Т.І.Адаменко, Н.П.Гребенюк, О.Г.Татарчук, Т.В.Корж / за ред. М.І.Кульбіди, М.Б.Барабаш: Монографія. Київ: Сталь, 2009. 234 с.
30. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: [монографія] / колектив авт.: С.М.Степаненко, А.М.Польовий, Є.П.Школьний [та ін.]; за ред. С.М.Степаненка, А.М.Польового. Одеса: Екологія, 2011. 696 с.
31. Динаміка та моделювання клімату: підручник для студентів вищих навчальних закладів / С.М.Степаненко. Одеса: Екологія. 2013. 204с.
32. Агрокліматичний довідник по території України / за редакцією: Т.І.Адаменко, М.І.Кульбіди, А.Л.Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р.С., 2011. 108 с.
33. Кліматичний кадастр України (6ч.). Державна гідрометеорологічна служба. Київ: 2006, електронний ресурс.: [climate\\_cgo@inbox.ru](mailto:climate_cgo@inbox.ru).
34. Руководство по гидрологической практике. Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения. Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО - №168). Пятое изд. 1994. 844 с.
35. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов: Учебник. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 440 с.
36. World Meteorological Organization, 1990: Hydrological Models for Water-Resources System Design and Operation. Operational Hydrology Report № 34, WMO–No. 740, Geneva.

37. Гопченко Є.Д., Шакірзанова Ж.Р., Овчарук В.А. Сучасні математичні моделі в гідрологічних розрахунках і прогнозах: Конспект лекцій. Одеса: електр.версія, 2016. 154 с.
38. Корень В.И. Математические модели в прогнозах речного стока. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. 200 с.
39. Корень В.И. Моделирование процессов формирования стока рек лесной зоны Европейской территории СССР. *Метеорология и гидрология*. 1980. №10. С. 78-85.
40. Бельчиков В.А., Корень В.И. Опыт использования модели формирования талого и дождевого стока рек лесной зоны Европейской территории СССР// *Труды Гидрометцентра СССР*. 1983. Вып. 246. С.3-20.
41. Боровикова Л. Н., Денисов Ю. М., Трофимова Е. Б., Шенкис И. Д. Математическое моделирование процесса стока горных рек // *Труды СредАзНИГМИ*. 1972. Вып. 61(76).
42. Burnash, R. J. C., Ferral, R. L. and McGuire, R. A., 1973: *A Generalized Streamflow Simulation System: Conceptual Modelling for Digital Computers*. National Weather Service and State of California Department of Water Resources, March.
43. Sugawara, M., Ozaki, E., Watanabe, I. and Katsuyama, S., 1974: *Tank Model and its Application to Bird Creek, Wollombi Brook, Bikin River, Kitsu River, Sanaga River and Nam Mune*. Research Note of the National Research Center for Disaster Prevention, Science and Technology Agency, Tokyo, Japan, June.
44. Кучмент Л.С. Речной сток (генезис, моделирование, предвычисление). Москва: 2008. 394 с.
45. Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Гидрологические прогнозы. Учебник. СПб., изд. РГГМУ, 2007. 436 с.

46. Danish Hydraulic Institute, 1985: *Introduction to the SHE-European Hydrologic System*, Horsholm.
47. MIKE 11 - a Modelling System for Rivers and Channels / Short Introduction Tutorial / Version 2007, *DHI Water & Environment*, 15 p.
48. Технологія обробки просторових даних засобами ГІС для використання в розподілених гідрологічних моделях // *Математичні машини і системи*, 2012. № 1. С.36-44.
49. Fiering, M. B. and Jackson, B. B., 1971: Synthetic streamflows. *Water Resources Monograph Series*, Vol. 1, American Geophysical Union.
50. Tao, P. C. and Delleur, J. W., 1976: Seasonal and non-seasonal ARIMA models in hydrology. *Journal of the Hydraulics Division*, American Society of Civil Engineers, Vol. HY10.
51. Hurst, H. E., Black, R. P. and Simaika, V. M., 1965: *Long-term Storage*. Constable, London.
52. Кучмент Л.С., Гельфан А.Н., Демидов В.Н. Расчет вероятностных характеристик максимального стока по метеорологическим данным с использованием динамико-стохастических моделей // *Метеорология и гидрология*. 2002. №5. С.83-94.
53. Blöschl G, Nester T, Komma J, Parajka J, Perdigão RAP. Das Juni-Hochwasser 2013—Analyse und Konsequenzen für das Hochwasserrisikomanagement (The June 2013 flood—analysis and implications for flood risk management). *Z Österreich Ingen-&-Architekten-Ver* 2013, 158: 141–152.
54. Blöschl, G. et al. (2017) Changing climate shifts timing of European floods. *Science*. Vol. 357, Issue 6351, pp. 588-590, doi: 10.1126/science.aan2506
55. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters [Електронний ресурс]: Internationally Reported Losses 1990. 2014 EMDAT. Режим доступу :<http://www.preventionweb.net/countries/ukr/data/>

56. EM-DAT (Feb. 2015). The OFDA/CRED. International Disaster Database [Електронний ресурс] <http://www.emdat.be>. Université catholique de Louvain Brussels–Belgium
57. Лабор В.В. Си Шарп Создание приложений для Windows / В.В. Лабор // Мн. Харвест, 2003. 384 с.
58. Комаров В.Д. Весенний сток равнинных рек Европейской части СССР, условия его формирования и методы прогнозов. Москва: Гидрометеиздат, 1959. 295 с.
59. Кочелаба Е.И., Окорский В.П. Соседко М.Н. Математическое моделирование процессов формирования паводков одного стока на территории Полесья с учетом оттепельных явлений// *Труды УкрНИГМИ*. 1990. Вып. 235. С. 3-18.
60. Гопченко Е.Д., Шакирзанова Ж.Р. Территориальное долгосрочное прогнозирование максимальных расходов воды весеннего половодья: Учебное пособие. Київ: КНТ, 2005. 240 с.
61. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірзанова Ж.Р. Розрахунки та довгострокові прогнози характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Прип'ять: монографія. Одеса: Екологія, 2011. 336с.
62. Шакірзанова Ж.Р. Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України: Монографія. Одеса: ФОБ Бондаренко М.О. 2015. 252с.
63. Шакірзанова Ж.Р. / Довгострокові гідрологічні прогнози: Конспект лекцій. Одеса: Вид-во ТЕС. 2010. 154 с.
64. Гопченко Е.Д., Овчарук В.А. Формирование максимального стока весеннего половодья в условиях юга Украины: монография/Гопченко Е.Д., Овчарук В.А. Одесса, ТЭС, 2002. 110 с.

65. Настанова з оперативної гідрології. Прогнози режиму вод суші. Гідрологічне забезпечення і обслуговування Керівний документ. Київ: Український гідрометеорологічний центр, 2012. 120 с.
66. Наставление по службе прогнозов, разд.3, ч.1. Ленинград: Гидрометеиздат, 1962. 194 с.
67. Рудика А.М., Шакірзанова Ж.Р. Дослідження умов формування весняних водопіль річок Нижнього Подніпров'я // Збірник тез за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ 6-15 квітня 2016 р., ОДЕКУ, Одеса. 2016. С.147.
68. Рудика А.М., Шакірзанова Ж.Р. Дослідження умов формування весняних водопіль річок Нижнього Подніпров'я // Збірник тез за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ 6-15 квітня 2016 р., ОДЕКУ, Одеса. 2016. С.147.
69. Рудика А.М., Шакірзанова Ж.Р. Методика довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля на річках басейну нижнього Дніпра // III міжнародна наукова конференція молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: Актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» 21-23 березня 2018 р., ОДЕКУ, Одеса. 2018. С.133 – 134.
70. Рудика А.М., Шакірзанова Ж.Р. Попередня прогностична оцінка гідрологічних ризиків в період весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра // Конференція молодих вчених Одеського державного екологічного університету 02-08 травня 2018р., ОДЕКУ, Одеса. 2018. С.67-68.
71. Рудика А.М., Шакірзанова Ж.Р. Реалізація методу територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля в суббасейні Нижнього Дніпра // VI Міжнародна наукова конференція молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (29-30 листопада 2018р.), м. Харків. 2018. С. 113-115.

## ДОДАТКИ



## Додаток А

Таблиця А.1 – Спостережені гідрологічні ризики – зони затоплення в суббасейні Нижнього Дніпра

Річка	Назва поста	Індекс	Рівень	Тип	Явище	Об'єкт	Район, область	Рік факт.
Оріль	Царичанка	80473	718	НЯ	Часткове обтоплення та затоплення територій, обтоплення вулиць та житлових будинків.	с. Дубове, Бабайківка, Могилів, Цибулівка, Китайгород, Царичанка, Помазанівка, Заорілля	Дніпропетровська область, Царичанський район	1970, 1979, 1985, 1996, 2003
Берестова	Красноград	80477	224	НЯ	Обтоплення	с. Попівка		1970, 1971, 1977
Самара	Коханівка	80483	260	НЯ	Часткове обтоплення, затоплення окремих будинків та птахоферм	смт Петропавлівка, с. Самарське, Миколаївка, Петрівка, Олександропіль, Озерне	Дніпропетровська область, Петропавлівський район	1964, 1970, 2003

Річка	Назва поста	Індекс	Рівень	Тип	Явище	Об'єкт	Район, область	Рік факт.
Самара	Кочеріжки	80486	680	НЯ	Обтоплення або часткове затоплення житлових будинків	Садиби с. Кочережки, ділянка дороги с.Кочеріжки-с.В'язовок, с. Андріївка, Хощове, Вільне	Дніпропетровська область, Павлоградський район	1964, 1977, 1985, 2003
Велика Тернівка	Богданівка	80494	375	НЯ	Часткове затоплення житлових будинків, можливість розмиву насипу автодороги	с. Богданівка, м. Тернівка	Павлоградський район	1964, 1970, 1979, 1985, 1986, 2003
Вовча	Васильківка	80505	657	НЯ	Затоплення та обтоплення житлових будинків	смт Васильківка, с. Пришиб, Вовчанське, Олександрівка, Павлівка	Васильківський район	1964, 1978, 1985, 2003
Солона	Новопавлівка	80516	370	НЯ	Обтоплення та затоплення житлових будинків	с. Новопавлівка, Іванівка	Межевський район	1964, 1970, 1985

Річка	Назва поста	Індекс	Рівень	Тип	Явище	Об'єкт	Район, область	Рік факт.
Мала Терса	Троїцьке	80522	895	НЯ	Затоплення житлових будинків	с. Троїцьке	Павлоградський район	1964, 1977, 1985, 1986, 1987, 1996, 2003, 2006
Мокра Сура	Кринички	80527	700	НЯ	Загроза обтоплення	смт Кринички	-	-
Кінська	Пологи	80530	230	НЯ	Загроза обтоплення	Житлові будинки м. Пологи, на вулицях вздовж річки	Пологівський район	1985
Інгулець	Олександро-Степанівка	80561	360	НЯ	Обтоплення окремих житлових будинків	с. Олександро-Степанівка	Криничанський район	1970, 1978, 1979
Інгулець	Іскрівка	80564	1120	НЯ	Загроза обтоплення	с. Іскрівка	Петрівський район	-
Інгулець	Кривий Ріг	80568	580	НЯ	Обтоплення прибережної частини	м. Кривий Ріг	Криворізький район	2003
Мокрі Яли	х. Грушівський	80513	526	НЯ	Обтоплення	х. Грушівський, с. Толсте, Піддубне	В.Новоселківський район	1964, 1985
Кільчень	Олександрівка Перша	80524	384	НЯ	Затоплення	с. Спаське, м. Підгородне	Дніпропетровська область, Магдалинівський район	1964, 1970, 1977, 1985, 2006, 2010

## Додаток Б

Додаток Б.1 – Умовні позначення ґрунтового покриву в басейні р. Дніпро до рис. 2.2

### Дерново-підзолисті ґрунти

Дерново-підзолисті ґрунти на давньоалювіальних та воднольодовикових відкладах, морені та лесовидних породах

 Дерново-середньо-і слабопідзолисті супіщані і суглинкові ґрунти

Дерново-підзолисті оглеєні ґрунти на давньоалювіальних та воднольодовикових відкладах, морені та лесовидних породах

 Дерново-слабопідзолисті глейові піщані та глинисто-піщані ґрунти

 Дерново-середньо- і сильнопідзолисті глейові супіщані та суглинкові ґрунти

 Дерново-середньо-і сильнопідзолисті поверхнево-оглеєні переважно суглинкові ґрунти

### Опідзолені ґрунти

Опідзолені ґрунти переважно на лесових породах

 Ясно-сірі опідзолені ґрунти

 Сірі опідзолені ґрунти

 Темно-сірі опідзолені ґрунти

 Чорноземи опідзолені

Опідзолені оглеєні ґрунти переважно на лесових породах

 Ясно-сірі і сірі опідзолені оглеєні ґрунти

 Темно-сірі опідзолені оглеєні ґрунти

 Чорноземи опідзолені оглеєні

### Реградовані ґрунти на лесових породах

 Темно-сірі та сірі реградовані ґрунти

 Чорноземи реградовані

### Чорноземи

Чорноземи неглибокі лісостепові на лесових породах

 Чорноземи неглибокі слабогумусовані та мало гумусні


Чорноземи глибокі на лесових породах

 Чорноземи глибокі слабогумусовані






 Чорноземи глибокі мало гумусні

 Чорноземи глибокі мало гумусні карбонатні

 Чорноземи глибокі мало гумусні вилугувані

-  Чорноземи глибокі середньо гумусні
- Продовження додатку А.1



#### Чорноземи звичайні на лесових породах

-  Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі
-  Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі
-  Чорноземи звичайні малогумусні глибокі
-  Чорноземи звичайні середньо гумусні
-  Чорноземи звичайні мало гумусні

#### Чорноземи південні на лесових породах

-  Чорноземи південні мало гумусні

#### Чорноземи на щільних глинах

-  Чорноземи на щільних глинах
-  Чорноземи солонцюваті на щільних глинах


#### Чорноземи переважно щебенюваті на елювії твердих некарбонатних порід

-  Чорноземи переважно щебенюваті на елювії твердих некарбонатних порід




#### Чорноземи переважно щебенюваті на елювії щільних карбонатних порід

-  Чорноземи карбонатні на елювії щільних карбонатних порід




#### Чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти

-  Чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти

#### Чорноземи залишково-солонцюваті на лесових породах



-  Чорноземи глибокі залишково-солонцюваті
-  Чорноземи звичайні залишково-солонцюваті
-  Чорноземи південні залишково-солонцюваті

Лучно-чорноземні ґрунти переважно на лесовидних породах

-  Лучно-чорноземні ґрунти
-  Лучно-чорноземні глибоко-солонцюваті ґрунти
-  Лучно-чорноземні глибоко-вилуговані (осолоділі) ґрунти западин (в мікрокомплексі)

### **Каштанові ґрунти**

#### Темно-каштанові ґрунти переважно на лесових породах

-  Темно-каштанові залишково-солонцюваті ґрунти
-  Темно-каштанові солонцюваті ґрунти


#### Каштанові ґрунти переважно на лесових породах


-  Каштанові солонцюваті ґрунти

#### Лучно-каштанові ґрунти

-  Лучно-каштанові солонцюваті ґрунти

### Лучні ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладах

 Лучні та чорноземно-лучні ґрунти  
Кінець додатку А.1

 Лучні та чорноземно-лучні поверхнево-солонцюваті ґрунти

 Лучні та чорноземно-лучні глибоко-солонцюваті ґрунти

### Лучно-болотні, болотні. Торфовища

Лучно-болотні ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладах

 Лучно-болотні ґрунти

 Лучно-болотні солонцюваті ґрунти

Болотні та торфувато-болотні ґрунти на різних породах

 Болотні та торфувато-болотні ґрунти

 Болотні солонцюваті ґрунти

Торфовища

 Торфовища низинні та торфово-болотні ґрунти

### Солонці і солончаки


 Солонці

### Оглеєні солонцюваті та осолоділі ґрунти подів і западин

 Лучно-чорноземні оглеєні солонцюваті-осолоділі ґрунти


### Дернові ґрунти


 Дернові піщані та глинисто-піщані ґрунти

 Дернові оглеєні ґрунти

 Піски слабозадерновані, слабогумусовані і негумусовані

 Дернові ґрунти на елювії некарбонатних порід








 Дернові карбонатні ґрунти переважно на елювії щільних карбонатних порід

 Дернові опідзолені ґрунти та оглеєні їх види

Додаток Б.2 – Умовні позначення рослинного покриву в басейні р. Дніпро до рис. 2.3

### Ліси височин і рівнин






#### Хвойні та широколистяно-хвойні ліси

-  Дубово-соснові, рідше грабово-дубово-соснові із сосни звичайної, дуба звичайного та граба звичайного, місцями в поєднанні з сосновими лісами
-  Сільськогосподарські землі на місці дубово-соснових лісів, місцями в поєднанні з луками
-  Дубово-соснові борових терас річок
-  Сільськогосподарські землі на місці дубово-соснових лісів борових терас річок
-  Липово-дубово-соснові ліси
-  Сільськогосподарські землі на місці липово-дубово-соснових лісів
-  Дубово-соснові, рідше грабово-дубово-соснові із сосни звичайної, дуба звичайного та граба звичайного, місцями в поєднанні з сосновими лісами

#### Листяні ліси

-  Березові з берези бородавчастої
-  Вільхові з вільхи клейкої

#### Широколистяні ліси

-  Дубові з дуба звичайного
-  Грабово-дубові з дуба звичайного та граба звичайного, часто в поєднанні з похідними грабовими лісами
-  Кленово-липово-дубові з дуба звичайного, липи серцелистої і клена гостролистого
-  Дубові з дуба скельного місцями в поєднанні з буково-дубовими і буково-грабовими
-  Сільськогосподарські землі на місці дубових, грабово-дубових та інших широколистяно-дубових лісів

### Степи




#### Лучні

-  Сільськогосподарські землі на місці лучних степів і остепнених луків

#### Справжні різнотравно-типчакowo-ковилові степи

-  Сільськогосподарські землі на місці різнотравно-типчакowo-ковилових степів

#### Типчакowo-ковилові степи

-  Заповідні типчакowo-ковилові
-  Сільськогосподарські землі на місці типчакowo-ковилових степів
-  Сільськогосподарські землі на місці псамофітних типчакowo-ковилових





степів

-  Сільськогосподарські землі на місці псамофітних типчаково-ковилових степів





Пустельні степи

-  Полиново-типчаково-ковилові в комплексі з солонцями (переважно розорані)


### **Луки**

-  Заплавні, місцями в поєднанні з лісами, чагарниками, болотами і сільськогосподарськими землями
-  Заплавні солонцево-солончакові в поєднанні з сільськогосподарськими землями
-  Різнотравно-злакові подів і сільськогосподарські землі на їх місці
-  Сільськогосподарські землі в поєднанні з лучно-солончаковою і солонцевою рослинністю терас річок

### **Болота**

-  Високотравні болота тривало заплавні луки і деревно-чагарникова рослинність низин Дніпра, Дунаю та інших річок (плавні)
-  Низинні трав'яні і трав'яно-мохові, місцями а поєднанні з лісовими болотами і луками
-  Перехідні та верхові сфагнові, лісові сфагнові
-  Сільськогосподарські землі і сіяні луки на місці осушених боліт

### **Псамофітна рослинність**

-  Рослинність пісків, місцями в комплексі з піщаними степами, дубовими, березовими, вільховими гайками і посадками сосни



## Додаток В

Таблиця В.1 – Середня місячна та річна температура повітря, °С [26]

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

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 В.2 – Середня кількість опадів з поправками до показань опадоміра, мм [26]

Метео-станція	Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII (XI-III)	ТП (IV-X)	Рік
Кіровоград	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
Губиниха	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

	Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII (XI-III)	ТII (IV-X)	Рік
	Рік	1972	1976	1986	1948	1949	1946	1961	1986	1983	1987	1958	1948, 1972	1954	1968	1951
	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
Чигирин	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

Таблиця В.3 – Дата першого й останнього заморозку та тривалість без морозного періоду [26]

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

## Продовження таблиці В.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 В.4 – Дати появи та сходу снігового покриву, утворення та руйнування сталого снігового покриву[26]

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.X I	15,4	21.X	197 6	28.XII	1982	31.XI I	16,4	6.XII	196 3	3.II	196 5
Губиниха	17.X I	11,1	25.X	197 9	6.XII	1963 , 1968	25.I	20,5	21.XI	198 8	28.II	198 5
Гуляйполе	24.X I	16,4	29.X	197 9	20.XII	1962	*	*	*	*	*	*
Чигирин	25.X I	15,6	25.X	197 9	28.XII	1982	25.XI I	17,1	24.XI	197 5	20.I	197 0

## Продовження таблиці В.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.ІІІ	23,1	15.І	1962	8.ІV	196 3	23.ІІІ	19,5	12.ІІ	197 2	25.ІV	1981
Губиниха	26.ІІ	29,2	28.ХІІ	1967	14.ІV	198 7	21.ІІІ	17,7	6.ІІ	197 4	19.ІV	1979
Гуляйполе	*	*	*	*	*	*	19.ІІІ	12,6	19.ІІ	198 9	14.ІV	1987
Чигирин	2.ІІІ	27,3	26.ХІІ	1975	4.ІV	198 7	23.ІІІ	17,1	15.ІІ	196 6	20.ІV	1969 ,



Таблиця В.5 – Запас води в сніговому покриві на останній день декади [26]

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		•	•	•	•	•	•	1 7	•	•	•	2 2	•	•	•	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	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2 4	•	•	•	43	33,3	0,77	0	1983- 84	119	1962- 63

Таблиця В.6 – Середня місячна та річна швидкість вітру [26]

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

Продовження таблиці В.6

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	0,17	0,18	0,24	0,21	0,11
	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
	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	25,2 6	31	1	19	16, 17	25	17,18 19.ІІ, 8.ІІІ

## Продовження таблиці В.6

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	198 2	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	196 2	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	198 1	1981	1969
	Дата	5	17, 18	8	15	20	27	13	25	20	28	30	14	17, 18.II

## Продовження таблиці В.6

Чигирин	Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік	
	Середня	3,2	3,3	3,2	3,0	2,9	2,6	2,5	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	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	1,5	1,6	1,7	1,6	1,7	2,0
	Рік	1978	1982	1978	1980	1983	1988	1988	1982	1982	1990	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	4,0	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 В.7 – Глибина промерзання ґрунтів, см [25]

Агрокліматичні зони та області	Х	ХІ			ХІІ			І			ІІ			ІІІ	
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
<b>Степ</b>															
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
<b>Лісостеп</b>															
Черкаська	•	•	•	6	15	20	24	26	28	34	36	35	35	28	18

## Додаток Д

Таблиця Д.1 – Основні гідрографічні характеристики суббасейну Нижнього Дніпра

Річка – пост	Відстань $L$ , км		Похил річки $I$ , ‰		$F$ , км <sup>2</sup>	$H_{\text{ср}}$ , м	$f_{\text{б}}$ , %	$f_{\text{л}}$ , %	Розпаханість, %	Географічні координати			
	від витоку	від найбільш віддаленої точки річкової мережі	середній	середньо-зважений						довгота поста, сх.д.	широта поста, пн.ш	довгота центрів тяжіння водозборів, сх.д.	широта центрів тяжіння водозборів, пн.ш.
Оріль-с.Степанівка					627					35°98'	49°02'	36°00'	49°27'
Оріль-с.Чорноглазівка	83	88	1	0,6	1600	150	<1	1	80	35°90'	48°95'	36°07'	49°17'
Оріль-с-мт Царичанка	306	311	0,4	0,2	9100	130	2	<1	-	35°15'	49°15'	35°36'	49°28'
Берестова-м.Красноград	60	66	1,7	1	1050	160	1	4	70	35°50'	49°38'	35°82'	49°48'
Орчик-с.Чернещина	92	97	1,1	0,7	1310	150	1	2	80	35°10'	49°28'	35°40'	49°54'
Самара-с.Коханівка	104	110	1,1	0,8	1430	150	<1	1	80	36°45'	48°52'	36°82'	48°67'
Самара-с.Кочережки	233	239	0,6	0,2	19800	130	<1	3	-	35°67'	48°65'	36°63'	48°12'
Бик-с.Самарське (Іванівка)	105	113	1,3	0,9	1130	150	<1	1	80	36°48'	48°47'	36°87'	48°38'
Велика Тернівка-с.Богданівка	82	88	1,5	1,1	924	130	<1	1	80	36°10'	48°50'	36°35'	48°67'
Вовча-х.Артемівський	12	16	5	4,8	120	200	0	6	80	37°17'	48°17'		48°25'
Вовча-с-мт Покровське	210	214	0,6	0,4	7150	160	<1	3	-	36°25'	47°98'	37°02'	47°82'



Річка – пост	Відстань $L$ , км		Похил річки $I$ , ‰		$F$ , км <sup>2</sup>	$H_{\text{ср}}$ , м	$f_{\text{б}}$ , %	$f_{\text{л}}$ , %	Розпаханість, %	Географічні координати			
	від витоку	від найбільш віддаленої точки річкової мережі	середній	середньо-зважений						довгота поста, сх.д.	широта поста, пн.ш	довгота центрів тяжіння водозборів, сх.д.	широта центрів тяжіння водозборів, пн.ш.
Вовча-свт Васильківка	263	267	0,6	0,3	11600	150	<1	3	-	36°02'	48°22'	36°63'	47°80'
Мокрі Ялих. Грушівський	148	152	1,2	1	2660	160	<1	2	70	36°73'	48°05'	37°07'	47°70'
Солона-с.Новопавлівка	60	64	1,9	1,4	680	170	0	3	80	36°82'	48°15'	37°11'	48°19'
Гайчур-с.Андріївка	135	138	1,8	0,9	2100	150	0	1	80	36°18'	47°92'	36°49'	47°61'
Мала Терса-с.Троїцьке	21	69	1,8	1,3	750	130	<1	3	80	35°87'	48°42'	35°68'	48°25'
Середня Терса-ж.Роздолля	34	37	3	1,9	269	150	0	2	80	35°75'	48°28'	35°68'	48°17'
Кільчень-с.Олександрівка Перша	56	56	1,8	1	376	120	0	<1	60	34°97'	48°75'	35°17'	48°89'
Мокра Сура-свт Кринички	34	34	2,2	1,8	389	140	0	3	80	34°48'	48°37'	34°36'	48°42'
Кінська-м.Пологи	39	39	4,4	3,5	353	190	0	1	80	36°27'	47°48'	36°43'	47°38'
Базавлук-с.Катерино-Наталівка	70	74	1,5	1,1	1050	120	0	2	70	34°17'	48°02'	34°18'	48°23'
Інгулець-с.Олександростепанівка	99	99	1,2	0,9	1400	160	<1	13	80	33°15'	48°62'	32°75'	48°76'
Інгулець-с.Іскрівка	171	171	0,8	0,6	4410	150	<1	7	-	33°37'	48°22'	32°95'	48°55'
Інгулець-м.Кривий Ріг	224	224	0,7	0,5	8600	140	<1	5	-	33°35'	47°90'	33°25'	48°40'
Інгулець-с.Могилівка	282	282	0,6	0,5	9280	140	<1	5	-	33°20'	47°62'	33°25'	48°27'

Таблиця Д.2 – Гідрологічні пости та їх періоди спостережень на території Нижнього Дніпра

№ п/п	Код поста	Річка – пост	F, км <sup>2</sup>	Період спостережень	Кількість років
1	80598	Оріль-с.Степанівка	627	1988-2015	28
2		Оріль-с.Чорноглазівка	1600	1956-77	22
3	80473	Оріль-с-мт Царичанка	9100	1952-2015	64
4	80477	Берестова-м.Красноград	1050	1951-56,1959,1960,1961, 1963-2008	55
5	80478	Орчик-с.Чернещина	1310	1957-2015	59
6	80483	Самара-с.Коханівка	1430	1958-2015	58
7	80486	Самара-с.Кочережки	19800	1938,1952,1954-59, 1961,1962,1965-2015	61
8	80493	Бик-с.Самарське (Іванівка)	1130	1955-74	20
9	80494	Велика Тернівка-с.Богданівка	924	1937-41, 1957-62, 1964-2015	63
10		Вовча-х.Артемівський	120	1962-88	27
11		Вовча-с-мт Покровське	7150	1968-85	18
12	80505	Вовча-с-мт Васильківка	11600	1930-41, 1945-2015	83
13	80513	Мокрі Яли-х. Грушівський	2660	1936-41, 1952-55, 1957-62, 1965-2015	67
14	80516	Солона-с.Новопавлівка	680	1957, 1959, 1961-2015	57
15	80518	Гайчур-с.Андріївка	2100	1936-41, 1950-52, 1954-2015	71
16	80522	Мала Терса-с.Троїцьке	750	1958-2015	58
17		Середня Терса-ж.Роздолля	269	1946-64, 1966-74	28
18	80524	Кільчень-с.Олександрівка Перша	376	1958-2015	58
19	80527	Мокра Сура-с-мт Кринички	389	1951, 1952, 1955, 1957-2015	62
20	80530	Кінська-м.Пологи	353	1953, 1955-2015	62
21	80551	Базавлук-с.Катерино-Наталівка	1050	1951-56,1958-86	35
22	80561	Інгулець-с.Олександро-Степанівка	1400	1931,1932,1934-41,1945-2010	76
23	80564	Інгулець-с.Іскрівка	4410	1958-2010	53
24	80568	Інгулець-м.Кривий Ріг	8600	1936-2010	75
25	80571	Інгулець-с.Могилівка	9280	1926, 1928-44, 1946-88	61

Таблиця Д.3–Список метеорологічних станцій і постів

Номер поста	Індекс	Станція (пост)	Область	Басейн річки	Висота станції, $H$ , м БС	Широта станції, $\varphi^\circ$ півн.ш.	Довгота станції, $\lambda^\circ$ сх.д
148	34401	Красноград	Харківська	Оріль	158	49°21'	35°24'
151	80473	Царичанка	Дніпропетровська	Оріль	65	48°57'	34°30'
152	34409	Лозова	Харківська	Оріль	185	48°54'	36°19'
153	34407	Губініха	Дніпропетровська	Самара	127	48°48'	35°15'
154	80524	Олександрівка Перша	Дніпропетровська	Самара	73	48°45'	34°58'
155	80486	Кочережки	Дніпропетровська	Самара	291	48°39'	35°40'
156	34502	Павлоград	Дніпропетровська	Самара	65	48°33'	35°53'
157	80494	Богданівка	Дніпропетровська	Самара	66	48°31'	36°05'
158	80483	Коханівка	Дніпропетровська	Самара	92	48°31'	36°27'
159	34504	Дніпро	Дніпропетровська	Дніпро нижче Києва	141	48°22'	35°03'
160	34505	Синельникове	Дніпропетровська	Самара	147	48°21'	35°27'
161	34514	Красноармійське (Покровськ)	Донецька	Самара	193	48°18'	37°09'
162	80505	Васильківка	Дніпропетровська	Вовча	76	48°13'	36°00'
163	34509	Чаплине	Дніпропетровська	Вовча	173	48°08'	36°14'
164	80513	Грушівський	Донецька	Вовча	95	48°03'	36°44'
165	80518	Андріївка	Дніпропетровська	Вовча	86	47°54'	36°11'
166	34601	Запоріжжя	Запорізька	Дніпро нижче Києва	59	47°48'	35°01'

Продовження таблиця Д.3

Номер поста	Індекс	Станція (пост)	Область	Басейн річки	Висота станції, $H$ , м БС	Широта станції, $\varphi$ півн. ш.	Довгота станції, $\lambda$ ° сх. д
167	34606	Гуляй Поле	Запорізька	Самара	117	47°39'	36°16'
168	34615	Волноваха	Донецька	Самара	266	47°37'	37°29'
169	33487	Черкаси	Черкаська	Дніпро нижче Києва	111	49°25'	32°03'
170	33593	Ім. Шевченка (Сміла)	Черкаська	Тясмін	124	49°11'	31°52'
171	80921	Адамівка	Черкаська	Дніпро нижче Києва	95	49°09'	32°45'
172	33605	Чигирин	Черкаська	Тясмін	123	49°04'	32°41'
173	33614	Світловодська ГЕС	Кіровоградська	Дніпро нижче Києва	85	49°04'	33°15'
174	80934	Мишурин Ріг	Дніпропетровська	Дніпро нижче Києва	95	48°50'	33°58'
175	33609	Знам'янка	Кіровоградська	Інгулець	180	48°42'	32°42'
176	80937	Верхньодніпровськ	Дніпропетровська	Дніпро нижче Києва	90	48°40'	34°23'
177	80561	Олександро-Степанівка	Кіровоградська	Інгулець	99	48°37'	33°09'
178	33723	Комісарівка	Дніпропетровська	Інгулець	118	48°26'	33°54'
179	80564	Іскрівка	Кіровоградська	Інгулець	74	48°12'	33°23'
180	33719	Долинська	Кіровоградська	Інгулець	191	48°07'	32°46'
181	33791	Кривий Ріг	Дніпропетровська	Інгулець	98	48°03'	33°13'
182	33801	Лошкарівка	Дніпропетровська	Базавлук	83	47°58'	34°10'
183	33805	Нікополь	Дніпропетровська	Дніпро нижче Києва	53	47°36'	34°24'
184	80967	Грушевська Дамба	Дніпропетровська	Дніпро нижче Києва	18	47°35'	34°05'
185	33862	Велика Александровка	Херсонська	Інгулець	57	47°19'	33°17'
186	34607	Пришиб	Запорізька	Дніпро нижче Києва	87	47°16'	35°20'

Номер поста	Індекс	Станція (пост)	Область	Басейн річки	Висота станції, $H$ , м БС	Широта станції, $\varphi^{\circ}$ півн. ш.	Довгота станції, $\lambda^{\circ}$ сх. д.
187	80971	Велика Лепетиха	Херсонська	Дніпро нижче Києва	47/35	47°10'	33°55'
188	80575	Калінінське	Херсонська	Інгулець	13	47°07'	32°58'
189	33877	Ниж. Сірогози	Херсонська	Дніпро нижче Києва	54	46°51'	34°24'
190	33869	Нова Каховка	Херсонська	Дніпро нижче Києва	26	46°47'	33°22'
191	33902	Херсон	Херсонська	Дніпро нижче Києва	47	46°44'	32°43'
192	33915	Асканія Нова	Херсонська	Дніпро нижче Києва	28	46°27'	33°53'
193	33907	Бехтери	Херсонська	Дніпро нижче Києва	6	46°15'	32°17'