

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий  
гідрометеорологічний інститут  
Кафедра гідрології суші

**Кваліфікаційна робота магістра**

на тему: Територіальне прогнозування меженного літньо-осіннього і  
зимового стоку річок басейну р. Південний Буг

Виконав магістр 2-го року навчання  
групи МЗГ-21  
спеціальності 103 «Науки про Землю»  
освітньо-професійної програми  
«Гідрологія і комплексне використання  
водних ресурсів»  
Блага Анастасія Олександрівна

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

Консультант \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Рецензент д-р ек. наук, доцент  
Сербов Микола Георгієвич

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут  
 Кафедра Гідрології суші  
 Рівень вищої освіти магістр  
 Спеціальність 103 Науки про Землю  
 (шифр і назва)  
 Освітня програма Гідрологія і комплексне використання водних ресурсів  
 (назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Т.в.о. завідувач кафедри гідрології суші  
 д-р геогр. наук, доц. **Овчарук В.А.**  
 “ 10 ” жовтня 2022 року

**З А В Д А Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

студенту Блазі Анастасії Олександрівні  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Територіальне прогнозування меженного літньо-осіннього і зимового стоку річок басейну р. Південний Буг

керівник роботи д-р геогр. наук, професор Шакірзанова Жаннетта Рашидівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від “ 30 ” вересня 2022 року № 166«С»

2. Строк подання студентом роботи 14.11.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи щоденні та середньодекадні витрати води по річках басейну р. Південний Буг з 1980 по 2020 рік, включно; основні гідрографічні характеристики досліджуваних водозборів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити 1. Аналіз та умови формування меженного стоку річок басейну річки Південний Буг. 2. Основні науково-методичні підходи до прогнозування меженного стоку рівнинних річок. 3. Розробка методики територіальних короткострокових прогнозів літньо-осіннього і зимового меженного стоку річок басейну річки Південний Буг. 4. Оцінка методики прогнозу. 5. Картографічна форма територіальних прогнозів меженного стоку.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Карто-схеми: географічного положення річок басейну річки Південний Буг, ґрунтово-рослинний покрив, розташування гідрологічних постів, карти прогнозних модулів меженного стоку та їх забезпеченостей. Графіки: комплексні гідрометеорологічних характеристик, регіональні залежності для короткострокових прогнозів середньодекадних модулів стоку літньо-осіннього і зимового періодів, криві забезпеченості середньомісячних витрат води меженного стоку.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 10.10.2022 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                                                                                                                     | Термін виконання етапів роботи   | Оцінка виконання етапу |                       |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|
|       |                                                                                                                                                                         |                                  | у %                    | за 4-х бальною шкалою |
| 1     | Вступ. Аналіз та умови формування меженного стоку річок басейну р. Південний Буг                                                                                        | 10.10. 2022 р.-<br>15.10.2022 р. | 94                     | відм.                 |
| 2     | Характеристика водного режиму періоду літньо-осінньої та зимової межені.                                                                                                | 16.10. 2022 р.-<br>18.10.2022 р. | 92                     | відм.                 |
| 3     | Основні науково-методичні підходи до прогнозування меженного стоку рівнинних річок                                                                                      | 19.10. 2022 р.-<br>26.10.2022 р. | 92                     | відм.                 |
| 4     | Розробка методики територіальних короткострокових прогнозів меженного літньо-осіннього і зимового стоку річок.                                                          | 27.10. 2022 р.-<br>01.11.2022 р. | 95                     | відм.                 |
|       | <b>Рубіжна атестація</b>                                                                                                                                                | <b>01.11 -<br/>05.11.2022 р.</b> |                        |                       |
| 5     | Побудова та аналіз регіональних прогнозних залежностей меженного стоку річок басейну р.Південний Буг. Визначення забезпеченостей меженних витрат води.                  | 02.11. 2022 р.-<br>7.11.2022 р.  | 95                     | відм.                 |
| 6     | Практична схема випуску територіальних прогнозів меженного стоку річок. Побудова карто-схем прогнозних модулів меженного стоку та їх забезпеченостей, оцінка прогнозів. | 8.11. 2022 р.-<br>12.11.2022 р.  | 94                     | відм.                 |
| 7     | Висновки                                                                                                                                                                | 13.11. 2022 р.-<br>14.11.2022 р. | 92                     | відм.                 |
|       | Перевірка роботи на плагіат, підписання авторського договору                                                                                                            | 14.11-<br>18.11.2022 р.          |                        |                       |
|       | Підготовка доповіді, презентації                                                                                                                                        | 21.11-<br>30.11.2022 р.          |                        |                       |
|       | <b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>                                                                                    |                                  | 93                     | відм.                 |

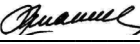
Студент

  
 (підпис)

Блага А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
 (підпис)

Шакірманова Ж.Р.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра студентки гр. МЗГ-21 Благої Анастасії Олександрівни за темою: «Територіальне прогнозування меженного літньо-осіннього і зимового стоку річок басейну р. Південний Буг»

**Актуальність теми:** Досліджувана територія перебуває в зоні суттєвого ризику внаслідок дефіциту водних ресурсів, формування екстремально низького стоку у меженний період, що потребує його визначення і прогнозування.

**Мета і задачі дослідження:** розробка методики територіального прогнозування меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг та оцінки її ефективності, картографічне представлення прогнозних величин меженного стоку та визначенні ймовірності їх настання у багаторічному періоді.

**Об'єкт і предмет дослідження:** стік зимового, осіннього та літнього меженного періоду річок в басейні р. Південний Буг.

**Методи дослідження:** статистичний аналіз, географічне узагальнення, статистичні оцінки прогностичної методики.

**Результати, їх новизна, теоретичне та практичне значення:** Методика територіального прогнозування меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг, картографічне представлення прогнозних величин модулів меженного стоку та визначення ймовірності їх настання у багаторічному періоді дають можливість прогнозування витрат води (у тому числі екстремально низьких) річок включаючи ті, на яких спостереження за стоком відсутні.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи з зазначенням галузі застосування:** буде використана в Гідрометцентрі Чорного та Азовського морів, секторі річкових гідрологічних прогнозів при територіальному прогнозуванні середньодадних витрат води періоду літньої, осінньої та зимової межени в басейні р.Південний Буг.

**Структура і обсяг роботи:**

**Кількість сторінок – 78**

**Кількість рисунків – 20**

**Кількість таблиць – 17**

**Кількість літературних джерел – 35**

**Кількість додатків - 1**

**Ключові слова:** короткостроковий прогноз, межень, картографічна форма, забезпеченість прогнозів.

## SUMMARY

Qualification master's work of a student gr. MZG-21 Blaha Anastasia on the topic: " Territorial forecasting dry weather summer-autumn and winter flow of the rivers of the basin South Bug river"

**Actuality of theme:** The studied territory is in the zone of significant risk due to the shortage of water resources, the formation of extremely low flow in the boundary period, which requires its determination and forecasting.

**The aim and the main tasks of the study:** development of a methodology for territorial forecasting of river dry weather flow in the South Bug river basin and evaluation of its effectiveness, cartographic presentation of forecast values of boundary flow and determination of the probability of their occurrence in a multi-year period.

**Object and subject of research:** the runoff of the winter, autumn and summer periods in the South Bug river basin.

**Research methods:** methods of statistical analysis, geographical generalization and statistical estimates of forecast methods.

**Results, their novelty, theoretical and practical significance:** The methodology of territorial forecasting of the limit flow of rivers in the basin of the Southern Bug River, the cartographic representation of the forecast values of the modules of the limit flow and the determination of the probability of their occurrence in a multi-year period make it possible to forecast water flows (including extremely low ones) rivers, including those on which there are no flow observations.

**Practical meaning:** will be used in the Hydrometeorological Center of the Black and Azov Seas, the sector of river hydrological forecasts in the territorial forecasting of average decadal water flows during the summer, autumn and winter border period in the basin of the Southern Bug River.

**Structure and scope of work:**

**Number of pages – 78**

**Number of figures – 20**

**Number of tables – 17**

**Number of references – 35**

**Number of applications - 1**

**KEYWORDS:** short-term forecast, dry weather flow , cartographic form, assurance of forecasts.

## Зміст

|                                                                                                                  | Стор. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Вступ.....                                                                                                       | 8     |
| 1 Коротка фізико-географічна характеристика басейну річки<br>Південний Буг.....                                  | 11    |
| 1.1 Географічне положення й рельєф.....                                                                          | 11    |
| 1.2 Характеристика ґрунтів і рослинності.....                                                                    | 13    |
| 1.3 Коротка кліматична характеристика.....                                                                       | 17    |
| 1.4 Гідрографія і гідрометеорологічна вивченість району.....                                                     | 21    |
| 1.5 Водний режим стоку річок.....                                                                                | 26    |
| 2 Аналіз науково-методичних підходів територіального<br>прогнозування меженного стоку річок.....                 | 28    |
| 2.1 Стан питання про прогнозування меженного стоку<br>річок.....                                                 | 28    |
| 2.2 Прогнози осінньо-зимового меженного стоку в<br>ВМО.....                                                      | 33    |
| 2.3 Фактори формування осінньо-зимового меженного стоку ...                                                      | 35    |
| 2.3.1 Урахування дощової складової при прогнозах меженного<br>стоку рівнинних річок.....                         | 37    |
| 2.3.2 Визначення повних руслових запасів води .....                                                              | 42    |
| 3 Територіальне прогнозування меженного літньо-осіннього і<br>зимового стоку річок басейну р. Південний Буг..... | 45    |
| 3.1 Формування бази вихідних даних.....                                                                          | 45    |
| 3.2 Вирішення рівняння водного балансу для прогнозів<br>меженного стоку .....                                    | 45    |
| 3.3 Побудова залежностей для територіального прогнозу<br>меженного стоку річок.....                              | 47    |
| 3.4 Оцінка методики прогнозу меженного стоку річок .....                                                         | 53    |

|     |                                                                                                                                                        |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4   | Методика визначення ймовірнісних характеристик прогнозних величин меженного стоку річок басейну Південного Бугу.....                                   | 58 |
| 5   | Картографічне представлення та практична схема прогнозу модулів меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг та їх ймовірнісних характеристик..... | 61 |
| 5.1 | Картографічне представлення прогнозних модулів меженного стоку річок.....                                                                              | 61 |
| 5.2 | Практична схема випуску прогнозу меженного стоку річок за методикою.....                                                                               | 62 |
| 5.3 | Схема випуску прогнозу меженного стоку річок по карто-схемах прогнозних величин середньодекадних модулів стоку .....                                   | 67 |
|     | Висновки.....                                                                                                                                          | 71 |
|     | Список літератури.....                                                                                                                                 | 74 |
|     | Додаток .....                                                                                                                                          | 78 |

## Вступ

Меженний стік формується за рахунок виснаження як запасів ґрунтових вод, так і руслових запасів, які ще залишаються у річковій мережі, озерах та болотах після припинення подачі поверхневих тало-дощових вод весняного водопілля. Прогнози річкового меженного стоку літнього, осіннього та зимового періоду застосовують при розробці місячних та декадних планів експлуатації великих водосховищ, при плануванні навігацій, вироблення енергії ГЕС на річках, що повинно забезпечити надійну, безперебійну роботу господарських об'єктів, а також при прогнозах маловоддя на річках.

Водний режим річок визначається кліматичними, гідрогеологічними, орографічними і гідрографічними особливостями територій і характеризуються достатньо вираженим весняним водопіллям та літньо-осінньо-зимовою меженню, яку порушують дощові паводки та відлиги.

Антропогенний вплив на режим річкового стоку пов'язаний з будівництвом водосховищ і ставків, осушенням боліт і заболоченням територій, агро-лісотехнічними заходами на водозборах річок. Крім цього, на режим стоку впливають господарські заходи, що проводяться безпосередньо у руслах річок (промислові, побутово-комунальні потреби та ін.). Такі заходи змінюють фактори формування та розподілу стоку річок протягом року і у багаторічному періоді.

Досліджувана територія перебуває в зоні суттєвого ризику внаслідок дефіциту водних ресурсів, формування екстремально низького стоку у меженний період, що потребує його визначення і прогнозування. Природний режим меженного стоку може бути порушений через антропогенне втручання у руслі річки чи на водозборі, впливу зміни клімату у зв'язку з дефіцитом опадів у поверхневому і підземному стоці і формуванням гідрологічних посух з нестачею природної води.

В такому разі для оцінки і моніторингу гідрологічного стану річок у періоди низької водності річок актуальним є обґрунтування територіальної

методики прогнозування меженних витрат води в річках та задача визначення ймовірнісних характеристик меженних витрат води у багаторічному періоді, їх картографічного представлення, що дає змогу їх визначення й для річок, на яких відсутні стокові спостереження.

*Об'єктом дослідження* є стік зимового, осіннього та літнього меженного періоду гідрологічних постів басейну р. Південного Бугу.

*Предмет дослідження* – прогнозування стокових характеристик меженного стоку річок басейну Південного Бугу в зимовий, осінній та літній період.

*Мета роботи* полягає в аналізі умов формування стоку меженного періоду в басейні р.Південний Буг та розробки методики територіального прогнозування меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг та оцінки її ефективності, картографічному представленні прогнозних величин меженного стоку та визначенні імовірності їх настання у багаторічному періоді.

*Методи дослідження.* При виконанні роботи використовуються методи статистичного аналізу, географічного узагальнення і статистичних оцінок прогностичних методик.

*Вихідні дані.* В роботі використано багаторічні щоденні та середньодекадні витрати гідрологічних постів рр. Південний Буг, Синюха, Рів, Велика Вись, Ятрань, Кодима, Чорний Ташлик, Інгул та річок та річок Причорномор'я – Тилігул і Великий Куяльник (за даними Державного кадастру та автоматизованого комплексу АРМ-гідро).

*Новизна дослідження* полягає у виявленні закономірностей формування меженного стоку на річках, розробка територіальної методики прогнозу меженного стоку в зимовий, осінній та літній період для гідрологічного постів, які знаходяться на території басейну р.Південний Буг з використанням даних за сучасні роки, картографічному представленні прогнозних величин меженного стоку та визначенні імовірності їх настання у багаторічному періоді.

*Практична значимість роботи* полягає у можливості використання в Гідрометцентрі Чорного та Азовського морів, секторі річкових гідрологічних прогнозів методики територіального прогнозування середньодекадних витрат води періоду літньої, осінньої та зимової межені для басейну р.Південний Буг, включаючи ті, на яких спостереження за стоком відсутні.

*Апробація роботи.* Результати роботи автора були представлені на IX Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (25-26 листопада 2021 р., м. Харків), Другому Всеукраїнському гідрометеорологічному з'їзді (7-9 жовтня 2021 р.), науковій конференції молодих вчених ОДЕКУ (2022 р.), IV Всеукраїнському пленері з питань природничих наук (2022 р.), а також на наукових студентських семінарах кафедри гідрології суші «Актуальні проблеми гідрології» (є Акти використання).

Робота відповідає напряму наукового дослідження кафедри гідрології суші «Регіональні наукові дослідження в області гідрологічних розрахунків і прогнозів водного режиму річок і водойм України» № ДР 0118u001221 (2018-2022 рр.) у розд. 5.2 «Регіональні обґрунтування та узагальнення розрахункових параметрів методики прогнозу меженного стоку в басейні р. Південний Буг», V етап (остаточний), 2022 р.; НДР №189 «Комплексний метод ймовірносно-прогностичного моделювання екстремальних гідрологічних явищ на річках Півдня України для забезпечення сталого водокористування в умовах кліматичних змін», № ДР 0121U010964 (термін виконання: 03.2021- 12.2022) в розділі «Збір даних та їх узагальнення в методі прогнозів декадного меженного стоку річок» (I етап, 2021 р.), в розділі «Практична схема прогнозування меженного стоку річок» (II етап, остаточний, 2022 р.).

Робота виконана на замовлення Гідрометцентру Чорного та Азовського морів (лист № 9914-2-234а / 9914-04 від 29.09.2022 р.)(додаток).

## 1. Коротка фізико-географічна характеристика басейну річки Південний Буг

### 1.1 Географічне положення й рельєф

Басейн річки Південний Буг знаходиться на території України. Річка бере свій початок з боліт Кам'янець-Подільської області і, протікаючи з півночі на південь, несе свої води в Дніпро-Бузькій лиман. Басейн Південного Бугу розташований у межах південно-західної частини Російської платформи й частково, Карпатських гірських країн. На платформі вона присвячена до західної частини Українського кристалічного щита, Волинь-Подільській і Молдавській плитам [1]. Географічне положення р. Південний Буг показано рис. 1.1 [2].

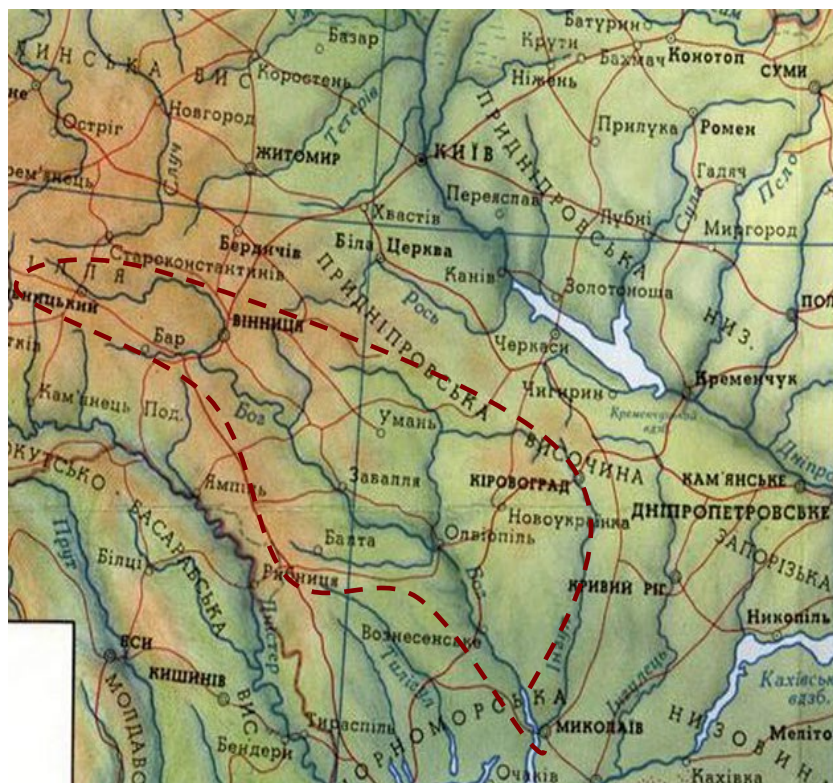


Рис.1.1 – Географічне положення р. Південний Буг [2]

Найбільш древніми утвореннями (у долинах Південного Бугу вище Вознесенська) є породи докембрійського віку. До складу докембрійських порід Українського кристалічного щита входять різноманітні метаморфічні й вулканогенні утворення - гнейси, піщаники, кварцити, сланці, граніти, чарконіти, та ін.); їхні виходи в дні й на схилах річкових долин супроводжуються наявністю порогів і каньоновидних долин [1].

У басейні Південного Бугу, у межах Українського кристалічного щита, значно поширені відкладення полтавської звиті - піски з лінзами й прослоями глин, що залягають на глауконітових пісках харківського ярусу або більше древніх відкладеннях.

На Волино-Подільській плиті в підґрунті нижнесарматських відкладень залягають піски із прослоями піщаників і вапняків, які в південному напрямку переходять у вапняки. Піски перекриваються глинисто-мергельно-трепеловою товщею із прослоями бентонітових глин. Середньосарматські відкладення відомі тільки в східній частині плити й представлені переважно вапняками.

У межах Молдавської плити нижнесарматські відкладення мають вапняний характер.

Річка Південний Буг протікає в межах різних тектонічних регіонів: Волино-Подільської плити, Українського кристалічного щита й Причорноморської западини. Волино-подільській ділянці відповідає вогнута частина профілю з максимумом вогнутості у гирлі р. Платої (рис. 1.1). На ділянці профілю, що відповідає Українському кристалічному щиту, виділяються наступні деформації: Суловцовська, Вінницька, Собська, Гайворонська й Первомайська. Ці деформації присвячені до підняття поверхні кристалічних порід. Виразність у формі профілю розломів у тілі щита вказує на тектонічну активність цих розломів. До деформацій присвячені звуження заплавної тераси й зменшення потужності алювію; район Вінницької деформації характеризується сучасними підняттями зі швидкістю 0,5-1,1 мм/рік.

Характеристика природних умов формування меженного стоку надано за літературними джерелами [1, 3-4].

## 1.2 Характеристика ґрунтів і рослинності

### *Ґрунтовий покрив*

До ґрунтоутворюючих порід лісостепової зони в межах даного басейну відносяться четвертинні відкладення й вихідні на поверхню продукти вивітрювання крейдових мергелів, третинних вапняків, піщаників, третинні піски й щільні балтські глини, а також продукти вивітрювання магматичних порід у межах поширення Українського кристалічного щита [1] (рис.1.2).

Із четвертинних відкладень найпоширеніші льоси й льоссовидні породи різного генезису, механічного складу й різного рівня карбонатності.

Льоси залягають двома-трьома ярусами на водно-льодовикових і льосових рівнинах єдиним ярусом незначної потужності, а іноді й зовсім відсутні на ерозійно-денудаційних рівнинах. По механічному складу вони, переважно, пильнувато-легкосуглинні, пильнувато-середньо- і важкосуглинні й навіть легкі глини.

Із четвертинних відкладень у якості ґрунтоутворюючих порід поширені також делювіальні й алювіальні відкладення. Делювіальні відкладення є пануючими по долинах балок і в підніжжях схилів до річкових долин. Алювіальні відкладення поширені у заплавах й у перших надзаплавних терасах, де вони часто мають легкий (піщаний, супіщаний) механічний склад, особливо на Українському кристалічному щиті. Тут зустрічаються алювіальні гравелісті суглинки, що підстиляються щебністим алювієм ґрунтів.

У долинах Південного Бугу ґрунти формуються на сучасному й древнім алювіальному відкладеннях пістрявого механічного складу. Серед древніх відкладень переважають піски й супесі. Сучасний алювій переважно

суглинний. У заплавах Південного Бугу значне поширення мають піщані й супіщані алювіальні відкладення.

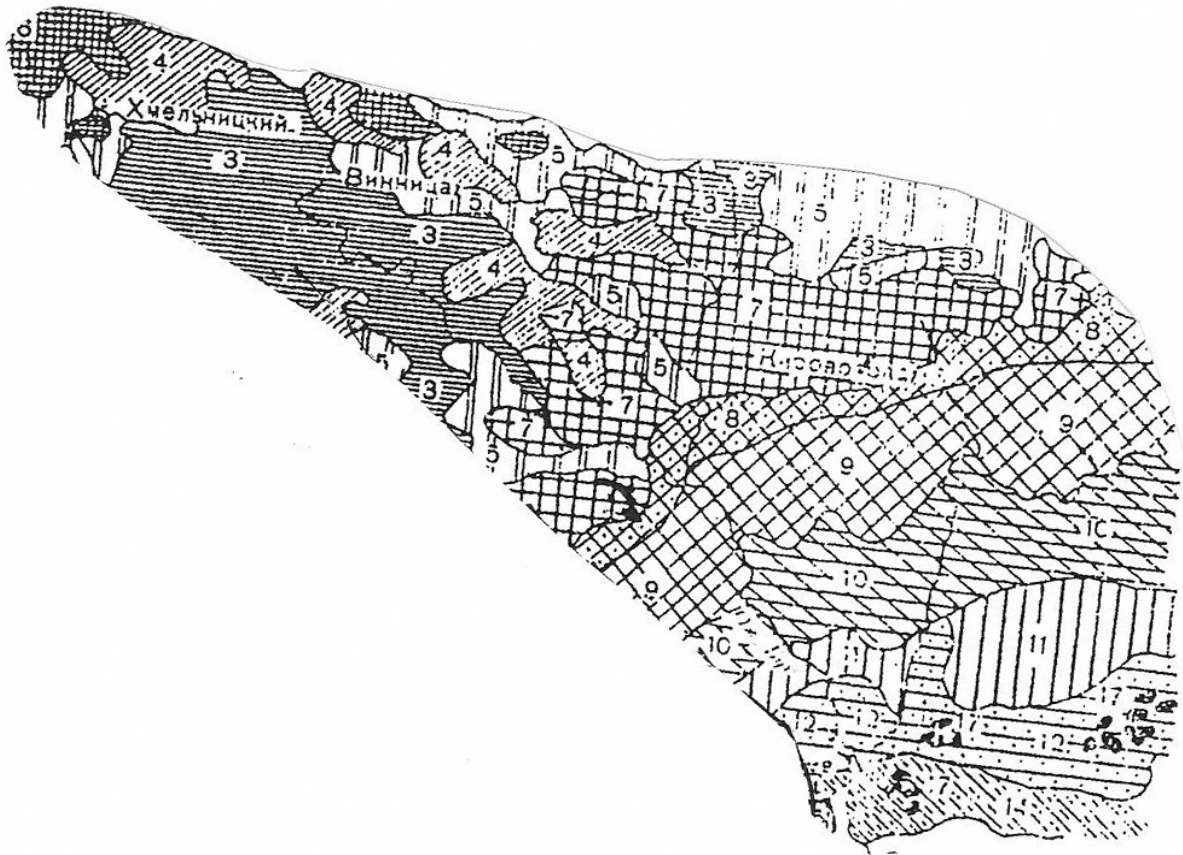


Рис.1.2 – Схематична карта ґрунтового покриву басейну р.Південний Буг [1]

Типи ґрунтів :

- 3 – світло – сірі і сірі суглиністні
- 4 – темно – сірі суглиністні
- 5 – чорноземи опідзолені суглиністні
- 7 – чорноземи середньогумусні і важкосуглиністні
- 8 – чорноземи звичайні середньогумусні
- 9 – чорноземи звичайні легкосуглиністні
- 10 – чорноземи звичайні малогумусові важко- і легкоглиністні
- 11 – чорноземи звичайні малопотужні
- 12 – чорноземи південні

Пануючими ґрунтами в південних районах басейну річки (лісостепова зона) є чорноземи.

Карбонатність ґрунтоутворюючих порід в умовах не промивного водного режиму обумовили високу насиченість чорноземів кальцієм, а також нейтральну або слабокислу реакцію ґрунтового розчину.

Неоднорідність зонально - кліматичних, а також провінційних і місцевих топографічних умов чорноземної зони обумовила підтипові й видові різниці чорноземних ґрунтів [1].

### *Рослинність*

У межах лісостепової зони перебуває більша частина басейну Південного Бугу. По геоботанічному районуванню ця територія включає наступні округи: Дністровско- Бузьський (із дубовими лісами й луговими степами південного варіанта), Правобережно-південно-західний (з дубовими й грабово-дубовими лісами, лугові степи представлені південним варіантом), Центрально-Подільський (із грабово-дубовими й дубовими лісами, степові ділянки майже не збереглися), Правобережно-Центральний (із дубовими й грабовими лісами й луговими степами), Правобережно-північно-західний (із грабово-дубовими й дубовими лісами, остепненими лугами й луговими степами) (рис. 1.3.).

Територія характеризується сильною розчленованістю (глибока врізаність древніх ерозійних форм), поширенням крутосхильних поверхонь, перевагою великих площ зернових і просапних культур, стрімким таненням снігів і частих злив. Біля 60-70 % всієї площі округів задіяна процесами площинного змиву. Природна рослинність займає тільки 12 % всієї площі. З них 11% доводиться на ліси, близько 1 % - на луги й 0,5 % - на болота. Степи збереглися тільки на дуже незначних, непридатних для землеробства ділянках [1].

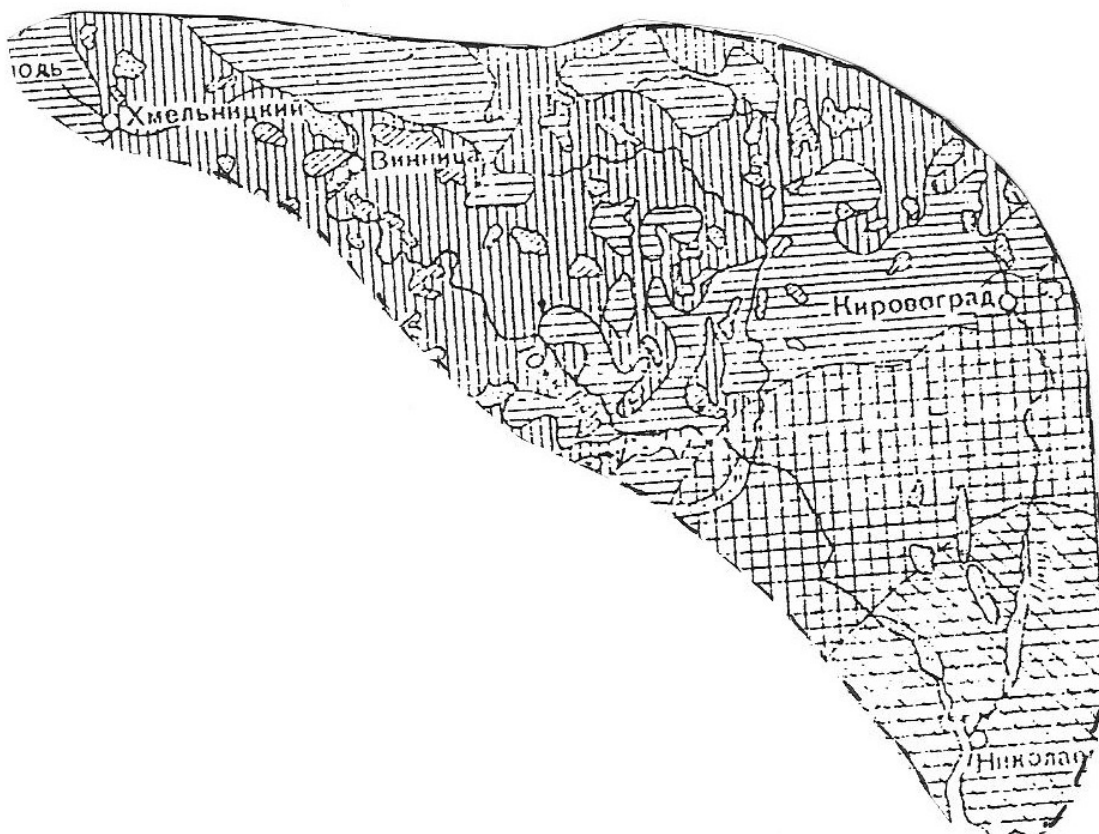


Рис.1.3 – Схематична карта рослинного покриву басейна р.Південний Буг[1]

Ландшафтна зона або тип рослинного покриву.

|  |                            |
|--|----------------------------|
|  | Широколисті ліси           |
|  | Лугові степи               |
|  | Букові ліси                |
|  | Типчаково – ковильні степи |

Найпоширенішими (з лісової рослинності) є дубові ліси. Грабово-дубові ліси поширені переважно в північних округах і становлять близько 30 % всіх лісів. Вони займають вододіли й більш пологі, чим діброви, схили із світло-сірими ґрунтами. У травостої різних асоціацій переважають осока

волосиста, зеленчук жовтий, снить звичайна, маренка запашна, зведчатка ланцетолиста та ін.

Дубові ліси із Дністровско-Бугського округу становлять близько 15 % всіх лісів. Відносяться ці ліси до південних схилів і вододілів.

Луги на досліджуємії території збереглися тільки в заплавах Південного Бугу, де вони займають близько 30 % площі. Представлені вони, в основному, справжніми й болотистими лугами. Справжні луги становлять близько 60 % всіх лугових масивів. Найбільші їхні площі зосереджені в заплавах середньої течії річки. Найпоширенішими серед них є формації овсяниці лугової, лисохвосту лугового й мяглика лугового.

Болотисті луги становлять близько 30% всіх лугових масивів. Вони більш характерні для заплав верхньої течії річки. Утворюють їх, в основному, формації осоки стрункої й лепешняку.

### 1.3 Коротка кліматична характеристика

#### *Температура повітря*

Кліматична характеристика району надана за [1, 5], а також за довідковими виданнями [6-9].

Територія описуваного району є дуже складною в кліматичному відношенні місцевістю.

Термічний режим залежить від радіаційних чинників і властивостей повітряних потоків, які надходять на дану територію. Суттєву роль відіграє підстильна поверхня, рослинний і сніговий покрив.

У холодний період року суттєву роль відіграють циркуляційні процеси. В результаті циркуляції відбувається часта зміна повітряних мас, унаслідок чого температура холодного сезону відрізняється великою нестійкістю. Описувана територія підлегла дії теплих повітряних мас, які надходять з Середземного моря, а також частим входженням повітря з Атлантичного

океану. Тому для зимового сезону характерні похмура погода, тумани і відлиги, при яких добова температура підвищується до 5 °С і вище.

Середні місячні температури повітря в зимовий період (з грудня по лютий) змінюються в межах від (-3.4 °С) - (-6.6 °С) у північно-східній частині басейну Південного Бугу до (-2.4 °С) - (-4.8 °С) - у південній, з найнижчими температурами повітря в січні (табл.1.1).

У літній період циклонічна діяльність загасає, температура стає більш стійкою. Головну роль відіграє місцева трансформація повітряних мас.

Найбільш теплим місяцем є липень із середньою місячною температурою повітря 18.7-21.4 °С в басейні р. Південний Буг (табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Середня місячна та річна температури повітря (°С)

| I               | II   | III  | IV  | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X   | XI  | XII  | Рік |
|-----------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|
| м/с Вінниця     |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |     |
| -6.6            | -5.3 | -0.5 | 6.9 | 13.9 | 16.7 | 18.7 | 17.8 | 12.9 | 7.5 | 1.3 | -3.4 | 6.7 |
| м/с Первомайськ |      |      |     |      |      |      |      |      |     |     |      |     |
| -4.8            | -3.9 | 0.9  | 8.9 | 15.4 | 19.0 | 21.4 | 20.6 | 15.6 | 9.2 | 2.6 | -2.4 | 8.5 |

При переході температури повітря через 0°С навесні починається сніготанення. Дати початку сніготанення припадають у середньому на 1-2 декади лютого, а закінчення - на 1 декаду березня, при середній тривалості сніготанення близько 20-30 діб (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Дати початку і закінчення сніготанення

| Станція     | Дати початку сніготанення |       |       | Дати закінчення сніготанення |       |       | Середня тривалість сніготанення, діб |
|-------------|---------------------------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|--------------------------------------|
| Вінниця     | 7.02                      | 10.01 | 13.03 | 8.03                         | 13.02 | 8.04  | 29                                   |
| Первомайськ | 14.02                     | 25.01 | 14.03 | 8.03                         | 17.02 | 21.04 | 22                                   |

Глибина промерзання ґрунту визначається, головним чином, тривалістю морозного періоду і мінімальними негативними значеннями температур. Поряд із цим й інші чинники, які діють у комплексі, також

мають суттєвий вплив. До них відносяться висота і тривалість залягання снігового покриву, характер покриття місцевості снігом.

На описуваній території промерзання ґрунту можливе в листопаді і на деяких станціях може досягати 5-8 см. Проте на більшості станцій промерзання ґрунту починається в грудні (табл.1.3). У січні і лютому середня глибина промерзання ґрунту по всій території досягає найбільших значень. У березні промерзання ґрунту можливе лише в окремі роки і відзначається повсюдно менше, ніж у 50% зим.

Таблиця 1.3 – Глибина промерзання ґрунту (см) на ділянках з озимими

| Станція     | XI | XII | I  | II | III | Із максимальних за зиму |            |             |
|-------------|----|-----|----|----|-----|-------------------------|------------|-------------|
|             |    |     |    |    |     | Середня                 | Мінімальна | Максимальна |
| Вінниця     | .  | 25  | 39 | 49 | .   | 56                      | 30         | 90          |
| Первомайськ | .  | 18  | 26 | 27 | .   | 40                      | 20         | 80          |

Найбільші з максимальних глибин промерзання ґрунту коливаються від 60 до 100 см.

Відтанення ґрунту частіше усього починається в березні, після сходу снігового покриву. Іноді в теплі зими ґрунт відтає під сніговим покривом. Відтанення ґрунту на всю глибину промерзлого шару характеризується датою повного танення. По наявних даних для переважної частини території середні терміни повного відтанення ґрунту відносяться до третьої декади березня (табл.1.4).

Таблиця 1.4 – Дати повного відтанення ґрунту

| Станція     | Дати повного відтанення ґрунту |       |       |
|-------------|--------------------------------|-------|-------|
|             | Середня                        | рання | пізня |
| Вінниця     | 1.04                           | 28.02 | 17.04 |
| Первомайськ | 23.03                          | 22.02 | 15.04 |

## Опади

Територія, що досліджується, характеризується недостатнім зволоженням. Атмосферні опади відрізняються значною мінливістю по роках. Їхні річні суми коливаються від 540 мм на півдні до 654 мм на півночі (табл. 1.5.). Найбільша кількість опадів доводиться на червень і липень, коли середньомісячні значення опадів досягають 91 мм (станція Хмельницький АМСГ), найменше - у лютому, де середньомісячні значення досягали, у середньому, 34 мм [9].

В окремі періоди можуть спостерігатися посухи.

Таблиця 1.5 – Середня кількість опадів з поправками по показникам опадоміру

| Станція           | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | рік |
|-------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Хмельницький АМСГ | 41 | 41 | 38  | 47 | 56 | 77 | 91  | 71   | 56 | 50 | 49 | 37  | 654 |
| Первомайськ       | 43 | 44 | 35  | 41 | 56 | 61 | 49  | 46   | 36 | 38 | 44 | 47  | 540 |

## Сніговий покрив

Сніговий покрив у межах досліджуваної території характеризується значною нестійкістю. Середнє число днів зі сніжним покривом (ст. Хмельницький АМСГ) становить 82 дні [2]. Середня дата появи стійкого сніжного покриву - 27.12, руйнування - 6.03.

Максимальні снігозапаси ( $S_m$ ), а також дати їхньої появи змінюються із року в рік у широких межах. Самі ранні строки настання  $S_m$  відносять до третьої декади січня (а іноді й раніше) – першій декаді лютого, найбільш пізні – до другої-третьої декади березня [2].

Значення  $S_m$  змінюються від 60 до 65 мм у північній частині басейну Південного Бугу, до 35-40 мм – у південній його частині.

В окремі зими сніжний покрив практично відсутній.

### *Вітер*

Вітровий режим описуваної території визначається умовами загальної циркуляції атмосфери й особливостями рельєфу [5]. Напрямок вітру відбиває циркуляцію на північній і східній периферії відрога високого тиску, тому в районі Волино-Подільського плато вітер має північно-західний напрямок. У східній частині басейну річки Південний Буг переважає північний та північно-східний напрямок вітру. Середньорічні швидкості вітру коливаються від 3,5-4 м/сек (табл. 1.6.). Великі швидкості вітру найбільш часто мають місце в березні, коли навіть його середньомісячна величина майже повсюдно перевищує 3,0 м/с.

У басейні Південного Бугу протягом теплого періоду нерідкі суховії.

Таблиця 1.6 – Середня місячна та річна швидкості повітря (м/с)

| Станція           | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | рік |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Хмельницький АМСГ | 4,6 | 4,8 | 4,5 | 3,9 | 3,7 | 3,4 | 2,8 | 2,8  | 3,1 | 3,3 | 4,5 | 4,3 | 3,8 |
| Первомайськ       | 4,3 | 4,9 | 4,8 | 4,5 | 4,2 | 3,7 | 3,4 | 3,2  | 3,2 | 3,5 | 4,2 | 4,3 | 4,0 |

## 1.4 Гідрографія і гідрометеорологічна вивченість району

### *Гідрографічна характеристика району*

Природні умови - у першу чергу клімат, рельєф, геологічна будова і гідрогеологічні особливості обумовили основні риси гідрографічної мережі території басейну Південного Бугу.

Досліджувана річка несе свої води в Бугський лиман і, далі, у Чорне море [1].

Головні притоки зліва: Бужок, Соб, Иква, Десна, Синиця, Синюха й ін.; з права - Згар, Ров, Савранка, Кодима.

Густота річкової мережі в середньому становить 0,4-0,5 км/км<sup>2</sup>. Добре розвинена річкова мережа на Волино-Подільській височині; густота її дорівнює 0,7-0,8 км/км<sup>2</sup> (з урахуванням рік довжиною менш 10км) і 0,3 км/км<sup>2</sup> (без них). На Придніпровській височині вона становить 0,3-0,5 і 0,15-0,20 км/км<sup>2</sup> відповідно.

Завдяки розмаїттю порід, що складають плато, у басейнах річок середньої течії Південного Бугу, долини або вузькі (0,2-0,8 км) V-Образні, або широкі (2,5-5 км) трапеційдальні, а там, де кристалічні породи покриті незначною товщею четвертинних відкладень (або виходять на поверхню), долини утворюють ущелини. Русла річок звилісті, мало розгалужені, шириною від 10-30 до 50-90 м. Ухили річок невеликі (0,3-1,7 %). Швидкості течії дорівнюють близько 0,2-0,5 м/с. У місцях перетинання кристалічних порід утворюються пороги, де швидкості досягають 2-5 м/с. Дно рівне, піщане й мулистопіщане, заросле водоростями. Береги круті й обривисті висотою від 0,2-2 до 3-4 м, місцями зливаються із схилами долин.

Великих природних озер мало, здебільшого вони розташовані в заплавах річки. Деякі із заплавних озер поступово висихають, перетворюючись у невеликі болота. Значна кількість озер - стариць знаходиться в плавнях Південного Бугу в нижній течії.

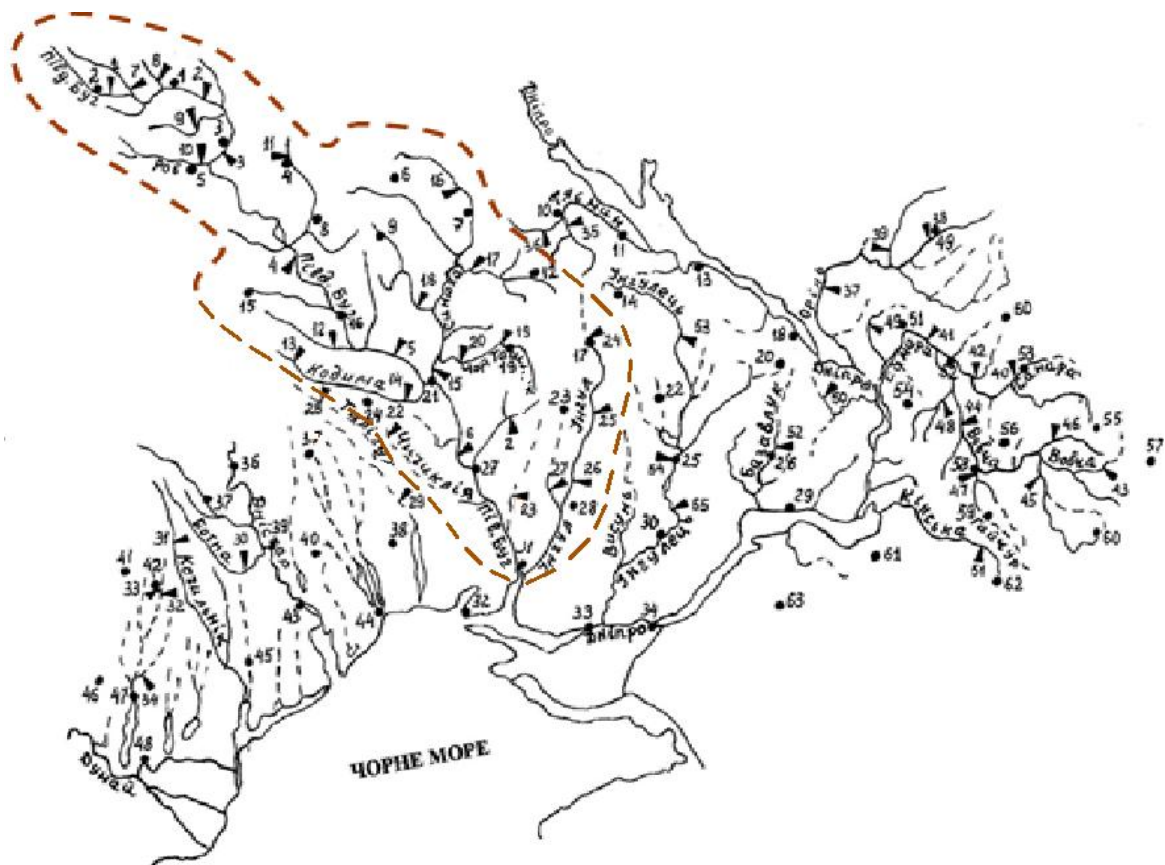
Велике поширення мають штучні озера-водоймища і ставки.

Загальний для території району коефіцієнт озерності не перевищує 0,1 %. Район мало заболочений, однак територія біля пгт Літин на річці Згар характеризується заболоченістю в 11 %. Площа, яку займає ліс становить від 1 (р. Бужок - с. Меджибож) до 19 % (р. Кодима - с. Обжила).

Води Південного Бугу використовуються для зрошення. На річці побудовані гідроелектростанції. Річка судноплавна вище і нижче Вінниці.

### Гідрометеорологічна вивченість

Систематичні виміри витрат води в басейні річки Південний Буг почалися з 1928-1931 рр. [1], а спостереження за гідрологічним режимом у замикаючому створі у с. Олександрівка стали проводитися з 1914 року. З цього часу, мережа гідрометеорологічних постів істотно розширилася, виміри витрат води проводяться на всіх основних притоках досліджуваної річки. Загальна кількість гідрологічних постів у даному басейні становить 20, з них 6 на головній річці і 14 на притоках. На основі аналізу карти-схеми можна зробити висновок, що пости по площі басейну Південного Бугу розподілені рівномірно (рис. 1.4). Список постів і період спостережень за стоком на них представлені в табл.1.7.



▼ – гідрологічний пост; ● – метеорологічна станція

Рисунок 1.4 – Карта-схема розташування гідрологічних постів басейна р.Південний Буг

Таблиця 1.7 – Гідрологічні пости в басейні р. Південний Буг і період спостережень за стоком води

| Номер поста | Річка - пост                      | Площа водозбору, км <sup>2</sup> | Період спостережень           | Число років |
|-------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------|
| 1           | Південний Буг-с.Пирогівці         | 827                              | 1964-2015                     | 52          |
| 2           | Південний Буг-с.Лелітка           | 4000                             | 1926-1943,1945-1946,1964-2015 | 72          |
| 3           | Південний Буг-с.Сабарів           | 910                              | 1930-1985                     | 56          |
| 4           | Південний Буг-с.Тростянчик        | 17400                            | 1930-1941,1946-2022           | 82          |
| 5           | Південний Буг-с.Підгір'я          | 24600                            | 1926-1943,1958-2022           | 76          |
| 6           | Південний Буг-с.мт Олександріївка | 46200                            | 1914-2015                     | 102         |
| 7           | Бужок-с.мт Меджибож               | 698                              | 1952-1988                     | 37          |
| 8           | Іква-с.мт Стара Синява            | 439                              | 1946-2015                     | 70          |
| 9           | Згар-с.мт Літин                   | 692                              | 1931-2015                     | 85          |
| 10          | Рів-с.Демидівка                   | 1130                             | 1916-1918,1922-1941,1945-2022 | 94          |
| 11          | Соб-с.Зозів                       | 92.5                             | 1945-2015                     | 71          |
| 12          | Савранка-с.Осичка                 | 1740                             | 1936-1941,1945-2015           | 77          |
| 13          | Кодима-с.Обжила                   | 145                              | 1946-1988                     | 43          |
| 14          | Кодима-с.Катенринка               | 2390                             | 1931-1941,1945-2015           | 82          |
| 15          | Синюха-с.Синюхин Брід             | 16700                            | 1925-1931,1933-2015           | 90          |
| 16          | Гнілий Тікич-с.мт Лисянка         | 1450                             | 1945-2015                     | 71          |
| 17          | Велика Вись-с.Ямпіль              | 2820                             | 1926-1941,1943-,1945-2015     | 88          |
| 18          | Ятрань-с.Покотилове               | 2140                             | 1955-2015                     | 61          |
| 19          | Чорний Ташлик-с.Піщаний Брід      | 1830                             | 1965-1988                     | 24          |
| 20          | Чорний Ташлик-                    | 2230                             | 1933-1943,1945-               | 82          |

|    |                                            |      |                                              |    |
|----|--------------------------------------------|------|----------------------------------------------|----|
|    | с.Тарасівка                                |      | 2015                                         |    |
| 21 | Мертвовід-с.Крива<br>Пустош                | 252  | 1949-2015                                    | 67 |
| 22 | Чичиклія-<br>с.Василівка                   | 436  | 1951-1958,1961-<br>1988                      | 36 |
| 23 | Гнилий Єланець-<br>с.Жанево-<br>Криворіжжя | 1190 | 1936-41,1945-<br>71,1973,1980-<br>82,1985-88 | 41 |
| 24 | Інгул-м.Кіровоград                         | 840  | 1945-2015                                    | 56 |
| 25 | Інгул-с.Седнівка                           | 4770 | 1954-2015                                    | 62 |
| 26 | Інгул-<br>с.Новогорожене                   | 6670 | 1931-41,1945-2015                            | 82 |
| 27 | Громоклія-<br>с.Михайлівка                 | 1410 | 1946-1988                                    | 43 |
| 28 | Тилігул-<br>с.Новоукраїнка                 | 810  | 1955-1988                                    | 34 |
| 29 | Тилігул-с.Березівка                        | 3170 | 1953-71,1973,1978-<br>2015                   | 58 |
| 30 | Великий Куяльник-<br>с.Северинівка         | 1840 | 1986-2015                                    | 29 |

Переважають пости із площею водозборів 500-2000 км<sup>2</sup> (їх 7), <500 км<sup>2</sup> - 3 пости, також є 5 постів із площею водозборів 2000-5000 км<sup>2</sup> (табл. 1.9, 1.10), піст Південний Буг - Сабарів має площу водозбору 9010 км<sup>2</sup>, і площу водозбору > 10000 км<sup>2</sup> - займають 4 пости.

Розподіл постів по тривалості років спостережень таке: на 6 постах з 20 спостереження проводяться 21-50 років, а на інших 14 постах - > 50 років (табл. 1.8). Самий довгий ряд спостережень (83 роки) має піст Південний Буг - с. Олександрівка, найбільш короткий - піст Чорний Ташлик - Піщаний Брод (23 роки), (табл. 1.9).

Таблиця 1.8 – Розподілення постів по величині площі водозборів

| Басейни | Площі водозборів річок, км <sup>2</sup> |          |               |               |        |        |
|---------|-----------------------------------------|----------|---------------|---------------|--------|--------|
|         | <500                                    | 500-2000 | 2000-<br>5000 | 5000-<br>1000 | >10000 | усього |
|         | 3                                       | 7        | 5             | 1             | 4      | 20     |

Таблиця 1.9 – Розподілення постів по довжині років спостережень

| Басейни | Кількість років спостережень |       |       |       |     |        |
|---------|------------------------------|-------|-------|-------|-----|--------|
|         | <10                          | 11-15 | 16-20 | 21-50 | >50 | усього |
|         | -                            | -     | -     | 6     | 14  | 20     |

### 1.5. Водний режим меженного стоку річок

Водний режим визначається кліматичними, гідрогеологічними, орографічними і гідрографічними особливостями території. Досліджуваний район знаходиться в різко змінних кліматичних і орографічних умовах, у зв'язку з чим процеси формування стоку на різних його частинах вельми складні і обумовлюють істотні відмінності у водному режимі [1-3].

*Режим меженного стоку.* Літня і зимова межінь на цих річках характеризується стійкістю, маловодістю і значною тривалістю; осінні підйоми спостерігаються після обложних дощів. Інколи межінь порушується невеликими дощовими паводками. Річний хід рівня на річках різних гідрологічних районів неоднаковий [1].

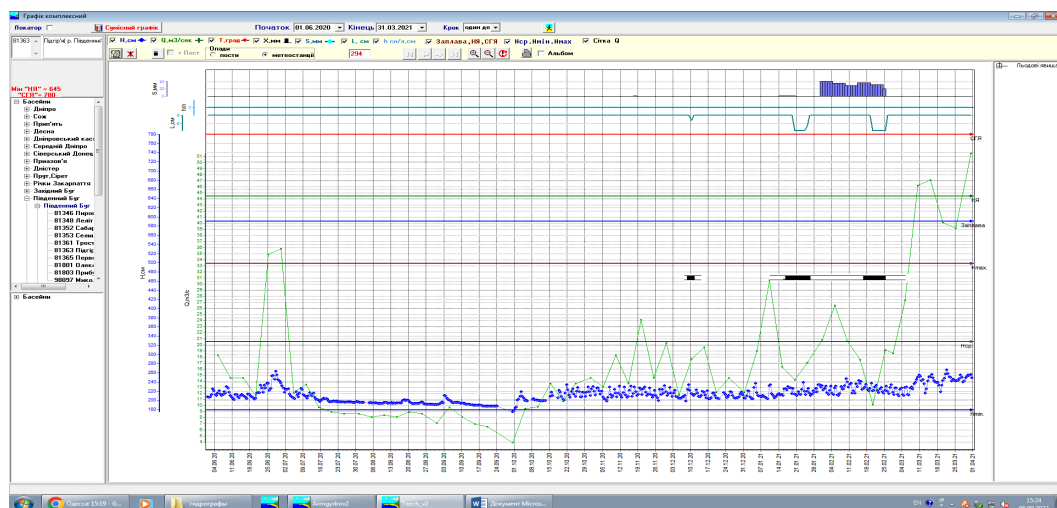
Формування літньо - осінніх і зимових паводків, проходить за рахунок атмосферних опадів. Поряд з ним на річці спостерігається лише три періоди короткочасної межені в січні, липні і вересні.

Рівневий режим річки характеризується низькою літньою меженню, яка іноді переривається при проходженні дощових паводків та осінньо-зимовими підйомами води. Літньо-осіння межень встановлюється в середині травня на початку червня. Найменші рівні спостерігаються в липні-серпні, на пригирловій ділянці - в вересні-жовтні. Найнижчі рівні зимової межені спостерігаються в кінці грудня -в першій половині січня. Середньорічна витрата води р. Південний Буг біля с. Олександрівка (в районі Південно-Української АЕС) становить 92,1 м<sup>3</sup>/с. Мінералізація води у цьому створі становить: літньо-осіння межень - 674 мг/дм<sup>3</sup>; зимова межень -701 мг/дм.

Комплексні графіки ходу гідрометеорологічних характеристик в період межені 2020-2021 р. представлені на рис.1.5 на р. Південний Буг-с.Підгір'я (а) і р.Синюха-с.Синюхин Брід (б).

Річки Північно-Західного Причорномор'я характеризуються короткочасними весняними паводками, які відбуваються в лютому-березні, та дощовими повеннями влітку. Для літньо-осіннього періоду характерно низький стік річок Північно-Західного Причорномор'я. Зимові межіння на цих річках більш висока, оскільки відбувається поповнення запасів підземних вод за рахунок осіннього зволоження, а також при відлизі.

а)



б)

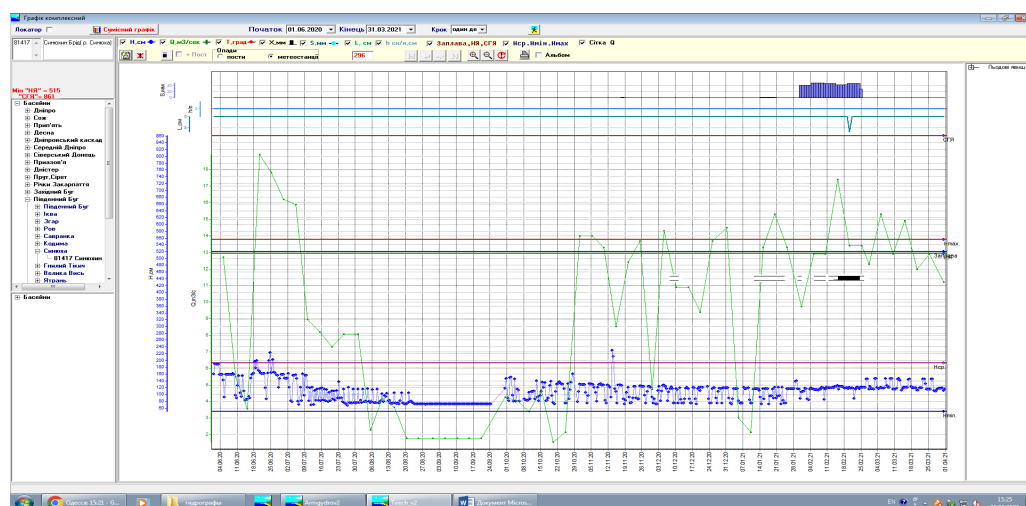


Рисунок 1.5 – Комплексні графіки ходу гідрометеорологічних характеристик в період межені 2020-2021 р. на р. Південний Буг-с.Підгір'я (а) і р.Синюха-с.Синюхин Брід (б)

## **2 Аналіз науково-методичних підходів територіального прогнозування меженного стоку річок**

### **2.1 Стан питання про прогнозування меженного стоку річок**

Формування стоку в межений період відбувається за рахунок виснаження як запасів ґрунтових вод, так і руслових запасів, які ще залишаються у річковій мережі, озерах та болотах після припинення подачі поверхневих тало-дощових вод весняного водопілля [10] - [13].

На річках переважно снігового живлення під меженим періодом прийнято розуміти літньо-осінній та зимовий періоди. На рівнинних річках цей період починається із закінченням спаду весняної повені.

Власне під терміном "межень" зазвичай розуміються найнижчі річні (літня межень) або зимові (зимова межень) витрати і рівні води в річках, коли живлення річок відбувається переважно за рахунок підземних вод. Однак в літній та осінній періоди багато річок в тій чи іншій мірі отримують додаткове живлення за рахунок дощів, а в зимовий час за рахунок поверхневого стоку під час відлиг.

В даний час такого роду прогнози даються для багатьох річок як в літньо-осінній, так і в зимовий періоди. Однак методичні основи їх розроблені в меншій мірі, ніж, наприклад, прогнози весняного стоку річок і точність їх у багатьох випадках залишається ще низькою [13].

Перші пропозиції по довгостроковим прогнозам літнього та осіннього стоку рівнинних річок були зв'язані з установленням суто емпіричних залежностей між величинами цього стоку за той чи інший період часу та його гідрометеорологічними факторами [14]. Однак такі залежності, як правило, мають низьку точність і тому в наш час вони порівняно рідко використовують в цілях прогнозування стоку.

Істотний прогрес в розвитку методики прогнозів літнього стоку був досягнений завдяки дослідженням В. Кесслици та А.В.Огієвського (в [14]).

Вони обґрунтували можливість та доцільність виділення, а також прогнозу двох різних за своїм генезисом частин літнього та осіннього стоку:

1. Стоку, обумовленого виснаженням запасів руслових, а також підземних вод, обчислювального за допомогою встановлення кривих спаду витрат води.
2. Поверхневого стоку, викликаного опадами.

В. Кесслиц запропонував наступні рівняння для обчислення й прогнозу величини літнього стоку р. Мур (в редакції [14])

$$y=y_1+\eta x, \quad (2.1)$$

де  $y$  - сумарний стік за заданий місяць;

$y_1$ -стік за заданий місяць, обчислений по кривій спаду витрат води;

$x$ - кількість опадів в басейні за той же місяць;

$\eta$ - коефіцієнт стоку.

Крива спаду та обчислені величини коефіцієнта стоку знаходились емпірично на основі даних гідрометеорологічних спостережень.

А.В.Огієвський (в [14]), ґрунтуючись на даних багатолітніх спостережень, установив ряд досить важливих по своїй структурі, але суто емпіричних формул для обчислення місячного стоку Дніпра. У якості факторів стоку за заданий місяць він розглядав попередні витрати води, суми опадів та середні температури повітря за різні проміжки часу.

Однак способи прогнозів літнього стоку у тому виді, як вони були запропоновані В. Кесслицем та А. В. Огієвським, не знайшли широкого використання на практиці. Пояснювалось це перш за все тим, що спроби знайти шлях до розрахунку величини коефіцієнта стоку не привела до успіху; відносно до формул, запропонованих для річки Дніпро, була очевидна суб'єктивність вибору деяких факторів стоку.

Територіальні прогнози літнього та осіннього стоку вперше стали складатися в Державному гідрологічному університеті в 1939 році під керівництвом С.Ю. Белінкова. В основу їх розробки був покладений метод аналогів. Роки-аналоги підбирались для окремих великих районів, на які завчасно була розділена Європейська територія СРСР. Вибір року-аналога виконується по величині весняного стоку й по сумі опадів в місяць. У цілях облегшити цю роботу були побудовані за всі минулі роки карти величин весняного стоку та літніх опадів (по місяцям) у вигляді модульних коефіцієнтів. Очікувана водність річок за той чи інший місяць приймалась по року-аналогу (для кожного району). Майбутні опади бралися по прогнозу погоди.

При наявності прогнозів літнього стоку в місяць по багатьох басейнах можна скласти карту очікуваної водності річок за даний місяць для достатньо великої території, наприклад Європейської частини СРСР. При цьому доцільно очікувану водність річок надавати у відносних величинах (у модульних коефіцієнтах). Але у цьому випадку просторове узагальнення величин очікуваного стоку буде в той чи інший степені схематичним, оскільки місячний стік доволі сильно залежить від місцевих фізико-географічних умов, розмірів басейна та інших факторів. Наявність такого територіального прогнозу дозволяє знайти очікувану величину літнього стоку за даний місяць практично для кожної річки, що протікає у даному районі.

Задача територіального прогнозу літнього стоку може бути вирішена і на основі задачі узагальнених співвідношень. Так, наприклад, для Північно-Західного району Р. А. Нежиховський (в [14]) встановив узагальнене співвідношення

$$q_{n+1} = \varphi(q_n f_{03}, F), \quad (2.2)$$

де  $q_n$  та  $q_{n+1}$  – модуль стоку за даний та наступний місяць при відсутності притока дощових вод до руслової мережі (і в озера),

$f_{оз}$  та  $F$  – озерність та площа басейну.

Отже, за допомогою цих співвідношень можна скласти прогноз місячного стоку для будь-якої річки, якщо для неї відомі відповідні вихідні дані.

Об'єм літньо-осіннього меженного стоку (середня витрата води) за деякий період часу  $\Delta t$ , який перевищує максимальний час добігання води  $\tau_{max}$  по руслах річок можна представити рівнянням [13]:

$$Q\Delta t = Q_{Г}\Delta t + Q_{Д}\Delta t + W_{t_0}, \quad (2.3)$$

де  $Q\Delta t$  - меженний стік за час  $\Delta t$ ;

$Q_{Г}\Delta t$  і  $Q_{Д}\Delta t$  — стік річок, обумовлений відповідно припливом підземних і дощових (поталих) вод;

$W_{t_0}$  - запас води в річковій мережі в початковий момент часу  $t_0$ .

Для періоду зимової межені за наявності зимових відлиг дощова складова ( $Q_{Д}\Delta t$ ) замінюється тало-дощовою ( $Q_{ТД}\Delta t$ ) і рівняння має вигляд

$$Q\Delta t = Q_{Г}\Delta t + Q_{ТД}\Delta t + W_{t_0}. \quad (2.4)$$

На сьогодні з складових рівняння (2.3) і (2.4) з достатньою точністю можна визначити лише запас води в річковій мережі  $W_{t_0}$  (наприклад, за гідрометричними або морфометричними даними). Ця складова має суттєве значення для крупних річок з максимальним часом руслового добігання, який дорівнює або перевищує період завчасності прогнозу (наприклад, місяць). За відсутності даних для розрахунку руслових

запасів води, величину  $W_{t_0}$  можна приблизно оцінити через витрату води у замикаючому створі в момент часу  $t_0$ .

Підземну та дощову складові стоку за період завчасності прогнозу визначити значно важче ніж  $W_{t_0}$ , особливо для великих річок, де дощовий стік дуже слабо виражений. Підземне живлення, як вже говорилося, відбувається за рахунок першого від поверхні безнапірного водоносного горизонту та більш глибокого, у тому числі напірного, горизонту підземних вод, визначення яких має певні труднощі. Дощовий приплив води ( $Q_d \Delta t$ ) може бути отриманий через кількість опадів, які приймають участь у формуванні стоку розглядуваного періоду.

У зв'язку з цим для прогнозів меженного стоку рівняння (2.3) і (2.4) не можуть бути використані безпосередньо. Тому в практиці гідрологічних прогнозів будуються емпіричні залежності меженного стоку від факторів, які його визначають. При цьому краща якість прогнозів отримується для річок з незначною долею дощового стоку і для великих річок лісостепової і степової географічних зон.

Для прогнозу меженного стоку (наприклад, середніх витрат води за період часу  $\Delta t$ ) найбільш часто використовуються залежності вигляду:

– для зони недостатнього зволоження при невеликій кількості опадів або малої змінності їх кількості у літньо-осінній період [13]

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(W_t) \quad (2.5)$$

або

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(Q_t), \quad (2.6)$$

– для зони достатнього зволоження при значних опадах у літньо-осінній період

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(W_t, X), \quad (2.7)$$

або

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(Q_t, X), \quad (2.8)$$

де  $\bar{Q}_{t+\Delta t}$  – середня витрата води за період часу  $\Delta t$ , м<sup>3</sup>/с;

$W_t$  – запас води в річковій мережі на дату випуску прогнозу  $t$ , м<sup>3</sup>;

$Q_t$  – витрата води у замикаючому створі річки на дату випуску прогнозу  $t$ , м<sup>3</sup>/с;

$X$  – кількість опадів періоду завчасності прогнозу  $\Delta t$  середніх витрат води, мм.

Загальний вигляд залежності, наприклад (2.5), для довгострокового прогнозу середньомісячних витрат води при не значній ролі опадів може бути представлений рівнянням прямої

$$\bar{Q}_{t+30} = aW_t + b, \quad (2.9)$$

де  $a$  і  $b$  – параметри рівняння, які підлягають встановленню для конкретного річкового басейну.

## 2.2 Прогнози осінньо-зимового меженного стоку в ВМО

Середньострокові та короткострокові прогнози меженного стоку базуються на характеристиках виснаження стоку в басейні. У деяких ситуаціях необхідно враховувати особливі випадки, які можуть порушити криву виснаження стоку в порівнянні з середньою кривою. Наприклад, такий антропогенний вплив, як забір води на зрошення; локальні відмінності зволоженості водозбору можуть привести до формування різного базисного стоку з окремих частин водозборів; сезонні коливання, обумовлені розвитком водної рослинності; вплив приток.

Довгострокові прогнози меженного стоку майже завжди базуються на методах кореляційного або регресійного аналізу з урахуванням ґрунтової вологості і кліматичних характеристик, а саме дощових опадів і температури повітря, як визначальних змінних. Зазвичай в опадах за попередній період виділяються окремі сезонні складові, які входять в рівняння зв'язку з відносними ваговими коефіцієнтами. Також виділення сезонних опадів допомагає визначити час запізнювання в системі опади – стоку [15]-[17].

В басейнах тих річок де головним компонентом загального стоку є підземні води, витрата води в витках слугує визначальною змінною, яка характеризує запаси підземних вод. Приклади прогнозування низького стоку річок такого типу представлені в Бюро досліджень в галузі геології і мінеральних ресурсів в *Situation hydrologique et prevision de basses eaux* [18] (Гідрологічна ситуація і прогноз низького стоку). Межений стік річок, витрати води яких формуються за рахунок сніготанення за попередній період, прогнозуються з використанням характеристик снігового покриву, а саме запасом води в снігу.

В цілому для довгострокового прогнозування меженного стоку використовують прийоми математичної статистики. Для підготовки прогнозу можна використовувати прогностичні рівняння типу [19]

$$Q_{t+1} = Q_{t+1} | Q_t + \kappa P, \quad (2.10)$$

де  $Q_{t+1}$  - витрата води, що прогнозується;

$Q_{t+1} | Q_t$  - витрата води при умові, що немає дощу на спаді гідрографа в період між  $t$  і  $t + 1$ ;

$P$  - дощові опади, що дають добавку до стоку в момент часу  $t + 1$ ;

$\kappa$  - перехідний коефіцієнт.

Ще одним підходом є використання довгострокових рядів стоку або водно-балансових моделей, заснованих на історичних кліматологічних даних

для забезпечення ймовірнісних прогнозів низького стоку. Також для прогнозування меженного стоку потрібні оцінки фільтрації води в берега і випаровування з водної поверхні. Це має істотний вплив при прогнозуванні впливу попусків води з водосховища, а також впливу інших водогосподарських заходів [20].

В останні роки в Українському гідрометеорологічному інституті розроблено та впроваджено з 2015 р. у виробничу діяльність Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії аналітично-експертну систему прогнозування рівнів води суднохідного Дунаю – «Істер» [21]. В її основу покладено методику прогнозу рівневого режиму Кілійського рукава р. Дунай, яка спирається на встановлення емпіричних залежностей зміни рівнів води поста Ізмаїл від зміни рівнів води на вищерозташованому посту Рені на фоні середньобогаторічного вітрового режиму морського узбережжя дельти Дунаю.

### 2.3 Фактори формування осінньо-зимового меженного стоку

На сьогодні з складових рівнянь (2.3) і (2.4) з достатньою точністю можна визначити лише запас води в річковій мережі  $W_{t_0}$  (наприклад, за гідрометричними або морфометричними даними). Ця складова має суттєве значення для крупних річок з максимальним часом руслового добігання, який дорівнює або перевищує період завчасності прогнозу (наприклад, місяць). За відсутності даних для розрахунку руслових запасів води, величину  $W_{t_0}$  можна приблизно оцінити через витрату води у замикаючому створі в момент часу  $t_0$  [13].

Підземну та дощову складові стоку за період завчасності прогнозу визначити значно важче ніж  $W_{t_0}$ , особливо для великих річок, де дощовий стік дуже слабо виражений.

Підземне живлення, як вже говорилося, відбувається за рахунок першого від поверхні безнапірного водоносного горизонту та більш глибокого, у тому числі напірного, горизонту підземних вод, визначення яких має певні труднощі.

Базисний стік  $q$  не значно змінюється у часі і може бути оцінений за мінімальною витратою води у межень. Ґрунтова складова меженного стоку рівнинних річок є основною частиною підземного живлення, а його інтенсивність значно змінюється по сезонах року і з року в рік. Так, наприкінці весни після сходу снігу ґрунтові води активного водообміну найбільш близько знаходяться від поверхні землі, а при тривалій відсутності опадів та після холодної зими – рівень їх значно знижується.

Величина ґрунтового живлення  $Q_{\Gamma}\Delta t$  може бути отримана через непрямі показники, наприклад, через запас води у водоносних горизонтах  $W_1$ , через запас води в русловій мережі  $W_{t_0}$  або початкову витрату води у річці  $Q_0$

$$Q_{\Gamma}\Delta t = f(W_1), \quad (2.11)$$

$$Q_{\Gamma}\Delta t = f(W_{t_0}), \quad (2.12)$$

$$Q_{\Gamma}\Delta t = f(Q_0). \quad (2.13)$$

Дощовий приплив води  $Q_{\Delta} \Delta t$  може бути отриманий через кількість опадів, які приймають участь у формуванні стоку розглядуваного періоду.

Для виділення дощового стоку використовують типову криву спаду (виснаження) загальної підземної складової стоку, яка визначається через гарантійну криву зв'язку середніх витрат води за суміжні періоди (наприклад, декаду) за відсутності значних дощових опадів.

Стік дощових вод виражається залежністю

$$Q_{\Delta} \Delta t = f(X, E, W_1, W_2), \quad (2.14)$$

де  $X$  – кількість опадів (стокоформуючих), які беруть участь у річковому стоці періоду завчасності прогнозу, мм;

$E$  – випаровування з поверхні суші, мм;

$W_2$  - запаси води у ґрунті, мм.

В роки з м'якими зимами при наявності відлиг для періоду зимової межені тало-дощова складова залежить від інтенсивності відлиги при наявності снігу на водозборах з врахуванням водопоглинаючої здатності ґрунтів. В цьому випадку можливе встановлення цієї складової, наприклад, через суму плюсових температур повітря  $\Sigma \Theta_+$  і рідких опадів  $X$  за зимову відлигу, як

$$Q_{ТД} \Delta t = f(\Sigma \Theta_+, X, W_1, W_2). \quad (2.15)$$

У зв'язку з цим для прогнозів меженного стоку рівняння (2.3) і (2.4) не можуть бути використані безпосередньо. Тому в практиці гідрологічних прогнозів будуються емпіричні залежності меженного стоку від факторів, які його визначають у вигляді (2.5) – (2.8). При цьому краща якість прогнозів отримується для річок з незначною долею дощового стоку і для великих річок лісостепової і степової географічних зон.

### 2.3.1 Урахування дощової складової при прогнозах меженного стоку рівнинних річок

При значній ролі опадів у літньо-осінній період необхідним є врахування дощової складової стоку. Кількість опадів ( $X$ , мм) в (2.14), які встигають взяти участь у формуванні стоку розглядуваного періоду, але випали на поверхню водозбірної площі в різний час – стокоформуючі опади,

тобто опади, з якими генетично пов'язана дощова складова стоку за період прогнозу.

Головні труднощі при необхідності врахування поверхневого стоку в прогнозах середньомісячних витрат води полягають не тільки в складності розрахунку дощового стоку, а й обмежених можливостей прогнозу опадів з великою завчасністю.

*Визначення кількості стокоформуєчих опадів* відбувається за методами при різній деталізації їх розподілу у часі та по площі водозбору, а вираження їх при прогнозі можливе в сучасних формах представлення місячних і сезонних прогнозів погоди, наприклад, у вигляді відхилень від кліматичної норми або відношення до норми [13].

Розрахунок кількості стокоформуєчих опадів, які приймають участь у формуванні стоку розглядуваного періоду (наприклад, місяця) рекомендується вести наступним чином:

- для невеликих річок з максимальним часом добігання води в басейні  $\tau_{max}$  до 15 діб, сума опадів приймається за весь місяць, на який дається прогноз стоку;

- для великих річок при тривалості добігання води  $\tau_{max}=30$  діб і більше, приймають у розрахунок опади за 30 діб, які здвигнуті від початку цього місяця в зворотному напрямку на число днів, яке дорівнює тривалості добігання води з басейну до замикаючого створу. Наприклад, якщо  $\tau_{max}=10$  діб, то при прогнозі середньомісячної витрати води опади сумують від 21 числа попереднього місяця по 21 число – поточного.

Більш детальними і точним є наступні два методи розрахунку стокоформуєчих опадів – метод ізохрон і метод М.І. Гуревича.

Метод ізохрон заснований на розрахунку добігання опадів з водозбору до замикаючого створу тільки поверхневим шляхом по руслах річок, в методі М.І.Гуревича враховується потрапляння дощових опадів не тільки по руслу, а й підземним шляхом [13].

Обчислення шару опадів за стокоутворюючий період виконується при цьому по формулі

$$\bar{X} = \varphi_1 \bar{x}_1 + \varphi_2 \bar{x}_2 + \varphi_3 \bar{x}_3, \quad (2.16)$$

де  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  - частки площ басейну у порядку збільшення часу добігання води;

$\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3$  - середній шар опадів для відповідної площі, підсумований по даним спостережень за вказані вище періоди часу.

Загальна сума опадів  $X$  (мм), стік яких досягнув замикаючого створу у розрахунковий період  $\Delta t$  (наприклад, місяць) складається

$$X = X_{\phi_1} + X_{\phi_2} + X', \quad (2.17)$$

де  $X_{\phi_1}$  - фактична сума опадів, які випали до дати складання прогнозу і частково впливають на  $\bar{Q}_{t+\Delta t}$  через величини  $W_t$  або  $Q_t$ , якими вони враховуються;

$X_{\phi_2}$  - фактична сума опадів, які також відомі в дату випуску прогнозу, але не встигли досягнути замикаючого створу к моменту  $t$ , тобто к строку, до якого відносяться величини  $W_t$  або  $Q_t$  і не враховуються ними;

$X'$  - сума опадів, які випали на водозбір вздовж місяця, на який складається прогноз стоку і невідомі на дату випуску прогнозу, визначається як середньобогаторічне значення або приймається в залежності від довгострокового прогнозу погоди.

Тривалість періоду сумування розглядуваних видів опадів визначається завчасністю прогнозу по залежностях  $\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(W_t, X)$  або

$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(Q_t, X)$  та часом руслового добігання дощових вод. Але ж при побудові прогнозних залежностей по даних багаторічних спостережень всі види опадів завжди приймаються фактичними.

*Способи визначення об'єму води в русловій мережі.* Об'єм води по всій русловій мережі дорівнює сумі об'ємів води на окремих ділянках

$$W = W_1 + W_2 + \dots + W_n = \sum_{i=1}^n W_i, \quad (2.18)$$

де  $W$  – об'єм води по всій русловій мережі басейну;

$W_i$  – об'єм води на  $i$ -ї ділянці;

$n$  – кількість ділянок.

Визначення об'єму води в русловій мережі може здійснюватися різними способами [13].

*Гідрометричний метод.* Визначення об'єму води здійснюється по даним о середній витраті та часу руслового добігання на ділянці без приток об'єм води визначається по формулі

$$W_t = \frac{Q_{Bt} + Q_{Ht}}{2} \tau, \quad (2.19)$$

де  $W_t$  - запас води в русловій мережі у момент часу  $t$ , м<sup>3</sup>;

$\tau$  – час добігання;

$Q_{Bt} + Q_{Ht}$  - витрата води у верхньому та нижньому створах відповідно;  
на приточній ділянці –

$$W_t = \frac{Q_{Ht} + \sum Q_{Bt}}{2} \tau_{сер}, \quad (2.20)$$

де  $\sum Q_{Bt}$  – сума витрат води у верхніх створах ділянки;

$\tau_{сер}$  – середній час руслового добігання на ділянці, визначається як середнє арифметичне із величин часу добігання від верхніх створів до нижнього  $\tau_i$

$$\tau_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^m \tau_i}{m}, \quad (2.21)$$

де  $m$  – кількість верхніх створів.

Якщо ділянка обмежена одним створом, то об'єм води знаходиться по виразу

$$W_t = \frac{Q_{H_\tau}}{2} \tau. \quad (2.22)$$

При виразі витрати воді в м<sup>3</sup>/с, часу добігання в добах, а об'єм води в м<sup>3</sup> формула має вигляд

$$W_t = 86400 \bar{Q}_t \cdot \tau. \quad (2.23)$$

*Морфометричний метод.* Об'єм води на ділянці річки може бути встановлений по формулі

$$W = \bar{\omega} \cdot L, \quad (2.24)$$

де  $\bar{\omega}$  – середня площа живого перерізу потоку на ділянці, яка визначається по площі живого перерізу у верхньому та нижньому створах

$$\bar{\omega} = \frac{\omega_H + \omega_B}{2} L,$$

де  $L$  - довжина ділянки.

Площі водного перерізу визначаються для конкретних рівнів води по залежностям  $\omega = f(H)$ .

*Водно-балансовий метод.* Для визначення об'єму води в русловій мережі використовують рівняння водного балансу без приточної або приточної ділянки річки:

$$\Delta W = (Q \cdot \Delta t + Q_{\text{в}} \cdot \Delta t) - Q_{\text{н}} \cdot \Delta t, \quad (2.25)$$

де  $\Delta W$  – приріст об'єму води на ділянці за час  $\Delta t$ ;

$Q_{\text{в}}, Q_{\text{н}}, Q_{\text{пр}}$  – відповідно витрати води у верхньому, нижньому створах і на притоках.

Підсумовуючи зміну об'ємів води за деякий проміжок часу, отримаєм об'єм руслових запасів ( $W$ ) над деяким початковим об'ємом. По величинам об'єму і середньої витрати води на ділянці будують криві об'єму  $W = f(Q_{\text{ср}})$  за ряд характерних років, поєднуючи їх на одному графіку та проводячи огиначаючи по найбільш похилим ділянках кривої до вісі витрат води.

Ця крива відповідає вимогам відсутності притоку води від опадів. Розглянуті способи дають можливість визначити об'єм води лише в тій русловій мережі басейну, яка освітлена пунктами гідрометричних спостережень. Об'єм води в дрібній русловій мережі не враховується.

### 2.3.2 Визначення повних руслових запасів води

Для визначення повних руслових запасів води Р. А. Нежиховський (в [20]) виділяє велику, окремо середню та дрібну руслову мережу басейну. Об'єм води в великій русловій мережі підраховується на ділянках річки, обмежених створами, рівновіддаленими від витоків на певне значення. В якості верхніх граничних створів в басейнах з площею  $15000 < F < 100000 \text{ км}^2$

приймаються створи, віддалені від витоків на 100 км. У великих басейнах створи віддалені від витоку на 150 км, а в малих на 50 км. Нижче цих створів руслова мережа басейну розбивається на безприточні та приточні ділянки.

Об'єм води на ділянці визначається по залежності

$$W = \tau \cdot Q_{сер} = \frac{L}{v \cdot 10^3} \cdot Q_{сер}, \quad (2.26)$$

де  $L$  – довжина ділянки в км,

$v$  – середня в поперечному перерізі та по довжині ділянки швидкість течії в м/с;

$\tau$  – час добігання на ділянці ;

$Q_{сер}$  – середня витрата води на ділянці .

Середня швидкість течії розраховується по формулі:

$$v = a Q_{сер}^{0,25} \cdot i^{0,38}, \quad (2.27)$$

де  $i$  – середній уклон водної поверхні на ділянці в межах, ‰;

$Q_{сер}$  – середня витрата на ділянці, м<sup>3</sup>/с ;

$a$  - параметр, який залежить від відношення середньої ширини річки до середньої максимальної глибини на ділянці при даній витраті, величина її змінюється від 0,07 до 0,55.

На безприточній ділянці середня витрата води при наявності створів на кінцях ділянки визначається по виразу

$$Q_{сер} = \frac{Q_{сер} + Q_H}{2}. \quad (2.28)$$

А при наявності одного створу в межах ділянки по формулі:

$$Q_{сер} = k \cdot Q, \quad (2.29)$$

де  $k$  – відношення площі водозбору в середині ділянки до площі водозбору в створі спостережень.

Середня витрата води для приточної ділянки визначається як середньо зважена в залежності від типу бокової притоки – зосередженої або не зосередженої.

$$Q_{сер} = rQ_B + (1-r)Q_H, \quad (2.30)$$

де коефіцієнти  $r$  та  $(1-r)$  виражають зважений вплив витрат води у верхньому та нижньому створах

При відсутності пунктів гідрометричних спостережень на ділянках великої руслової мережі середня витрата води визначається наступними способами: лінійною інтерполяцією витрат (модулів) по довжині річки; по витраті на річці-аналога з урахуванням відношення площі водозборів; по середньому модулю витрат річок-аналогів.

### 3 ОБГРУНТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ПРОГНОЗНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МЕЖЕННОГО СТОКУ РІЧОК В БАСЕЙНІ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ

#### 3.1 Формування бази вихідних даних

Для розробки методики територіального прогнозу середньодадних витрат води меженного стоку були взяті дані про щоденні та середньодадні витрати води за період літнього (червень – серпень), осіннього (вересень-листопад) і зимового (грудень-січень) сезонів з 1980 р. по 2015 р. для опорних гідрологічних постів річок басейну Південного Бугу, перелічених в табл.3.1 з даних Державного водного кадастру [22],[23]. За подальші роки (за період до 2020 р.) вихідні дані залучено з системи Автоматизованого робочого місця гідролога [24], Гідрологічних щорічників та офіційного сайту Українського гідрометцентру ДСНС України [25]. Вихідні дані для розробки методики прогнозу середньодадних витрат води сезонного меженного стоку річок в басейні р.Південний Буг сформовано в базі даних в *Excel*. До розробки методики залучені й річки Північно-Західного Причорномор'я (міжжріччя р.Дністер – р.Південний Буг) (Тилігул і Великий Куяльник) (табл.3.1).

#### 3.2 Вирішення рівняння водного балансу для прогнозів меженного стоку

В основу прогнозу низьких витрат води меженного періоду річок покладено вирішення рівняння водного балансу [13]

$$\sum_n^{n+t} Q \Delta t = W_C + W_B - P_T + W + \sum_n^{n+t} Q_n \Delta t + \sum_n^{n+t} Q_D \Delta t, \quad (3.1)$$

у вигляді залежностей, узагальнених для низки постів

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(Q_t) \quad (3.2)$$

За даними про витрати води (модулів стоку) (на дату випуску прогнозу та середні за декаду) для басейнів розглядуваних річок були побудовані регіональні залежності виду (3.2) для кожного місяця сезону формування низьких витрат води річок окремо в басейнах р. Південний Буг. Такі підходи до прогнозування низьких витрат води обґрунтовані у зв'язку з особливостями розподілу місячних сум опадів у межах розглядуваного сезону року, що ретельно проаналізовано авторами роботи [26].

Таблиця 3.1 – Перелік опорних постів для розробки регіональної методики прогнозу середньодекадних витрат води меженного літнього, осіннього і зимового стоку річок в басейні р. Південний Буг

| Індекс поста                                                                   | Річка - пост                      | Площа водозбору, км <sup>2</sup> |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Басейн р. Південний Буг                                                        |                                   |                                  |
| 81361                                                                          | Південний Буг - с.Тростянчик      | 17400                            |
| 81363                                                                          | Південний Буг - с.Підгір'я        | 24600                            |
| 81393                                                                          | Рів - с. Демидівка                | 1130                             |
| 81417                                                                          | Синюха - с.Синюхін Брід           | 16700                            |
| 81430                                                                          | Велика Вись - с.Ямпіль            | 2820                             |
| 81433                                                                          | Ятрань- с.Покотилове              | 2140                             |
| 81414                                                                          | Кодима – с. Катеринка             | 2390                             |
| 81438                                                                          | Чорний Ташлик - с. Тарасівка      | 2230                             |
| 81450                                                                          | Інгул – с. Новогорожене           | 6670                             |
| Річки Північно-Західного Причорномор'я (міжжріччя р.Дністер – р.Південний Буг) |                                   |                                  |
| 81338                                                                          | Тилігул - с. Березівка            | 3170                             |
| 81475                                                                          | Великий Куяльник - с. Северинівка | 1840                             |

### 3.3 Побудова залежностей для територіального прогнозу меженного стоку річок

*Територіальне короткострокове прогнозування літнього меженного стоку річок.* Для періоду літньої (червень-серпень) межені приклади залежностей для територіальних короткострокових прогнозів середньодадних витрат води (модулів) літнього меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг наведені на рис.3.1 - рис 3.3 (окремо для місяців літа). При цьому розкид точок на графіках залежностей обумовлений варіацією не значної для даного регіону кількості атмосферних опадів літнього сезону, які можуть враховуватися метеорологічним прогнозом опадів на поточну декаду.

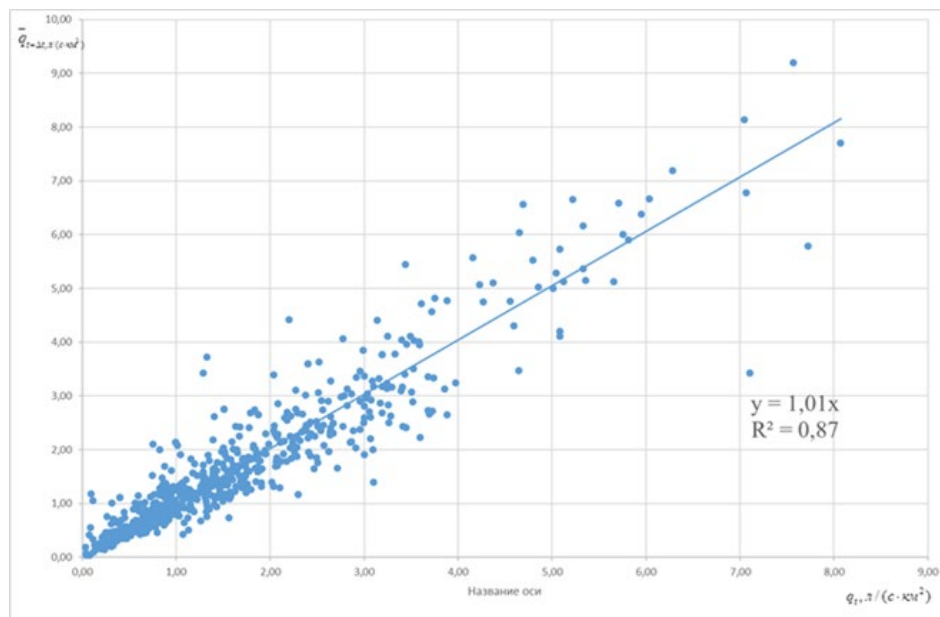


Рисунок 3.1 – Залежність для територіальних короткострокових прогнозів середньодадних модулів меженного стоку (для червня) в басейні р.Південний Буг (1980-2015 рр.)

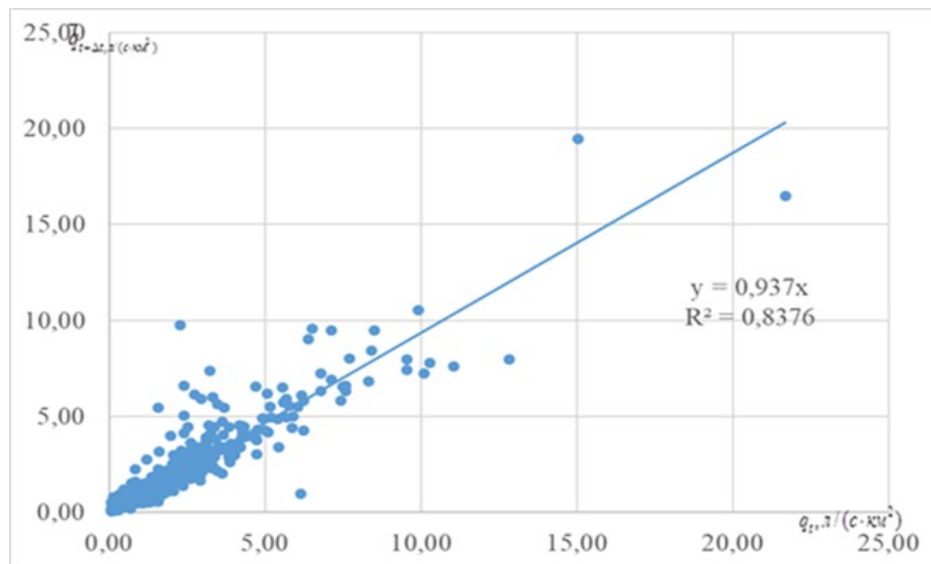


Рисунок 3.2 – Залежність для територіальних короткострокових прогнозів середньодадних модулів меженного стоку (для липня) в басейні р.Південний Буг (1980-2015 рр.)

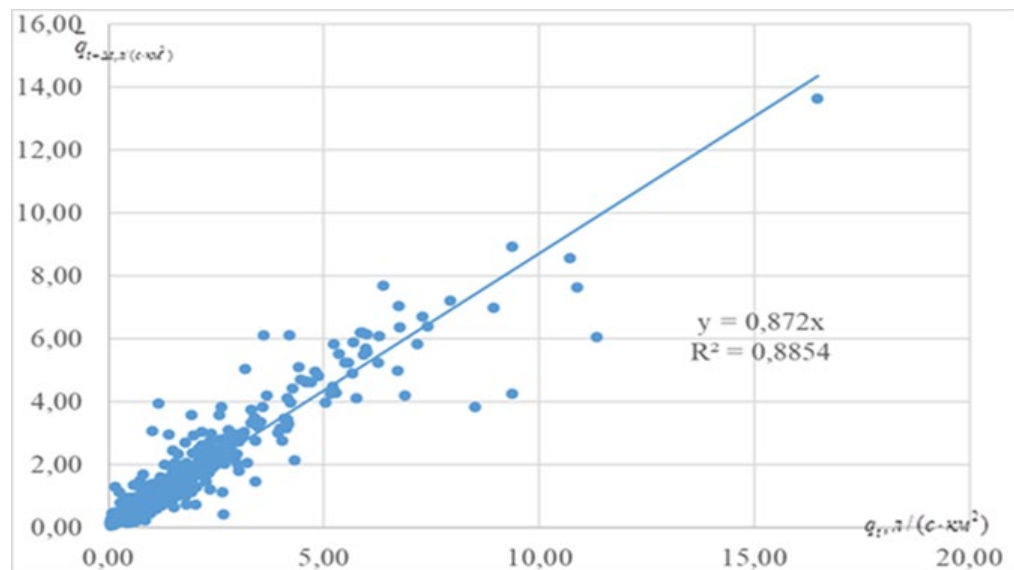


Рисунок 3.3 – Залежність для територіальних короткострокових прогнозів середньодадних модулів меженного стоку (для серпня) в басейні р.Південний Буг (1980-2015 рр.)

Параметри залежностей для територіальних короткострокових прогнозів літнього меженного стоку річок розглядуваної території наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Параметри залежностей для територіальних  
короткострокових прогнозів літнього меженного стоку річок  $\bar{q}_{t+10} = f(q_t)$

| Басейн річки                                                        | Червень     |      | Липень      |      | Серпень     |      |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
|                                                                     | Рівняння    | $r$  | Рівняння    | $r$  | Рівняння    | $r$  |
| Південний Буг                                                       | $y = 1,01x$ | 0,93 | $y = 0,94x$ | 0,92 | $y = 0,87x$ | 0,94 |
| річки нижньої течії<br>Південного<br>Бугу та річок<br>Причорномор'я | $y = 0,95x$ | 0,91 | $y = 0,80x$ | 0,84 | $y = 0,81x$ | 0,83 |

Територіальне короткострокове прогнозування осіннього меженного стоку річок. Для періоду осінньої (вересень-листопад) межені приклади залежностей наведені на рис.3.4 - рис.3.6 (також окремо для місяців осені).

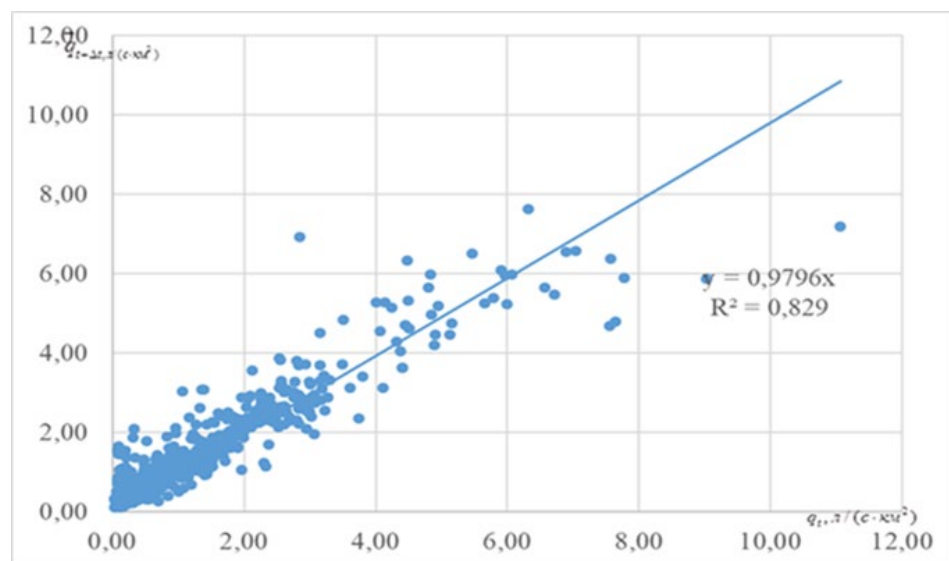


Рисунок 3.4 – Залежність для територіальних короткострокових прогнозів середньодадних модулів меженного стоку (для вересня) в басейні р.Південний Буг (1980-2015 рр.)

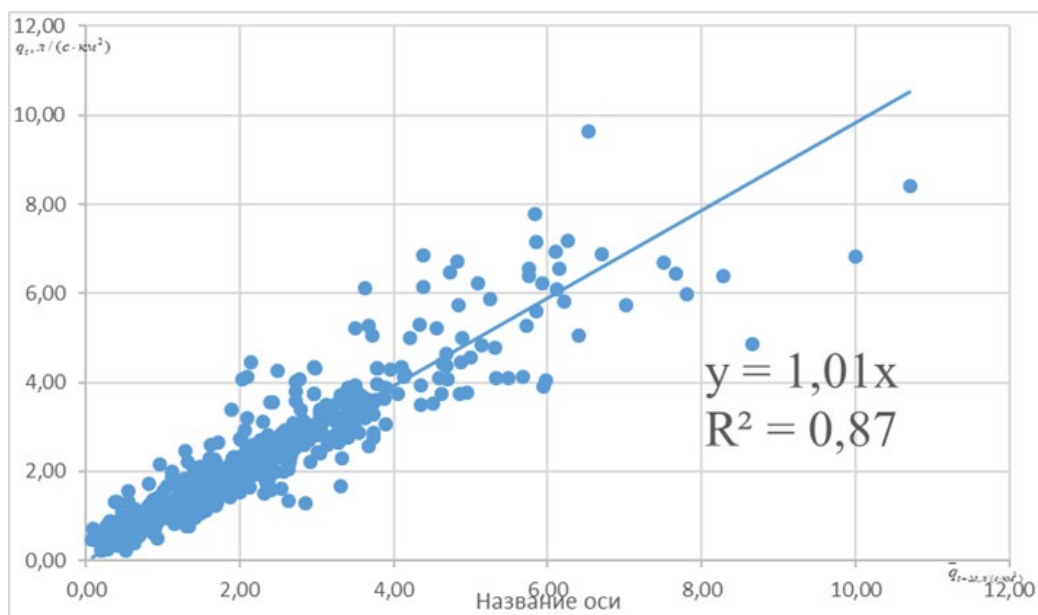


Рисунок 3.5 – Залежність для територіальних короткострокових прогнозів середньодадних модулів меженного стоку (для жовтня) в басейні р.Південний Буг (1980-2015 рр.)

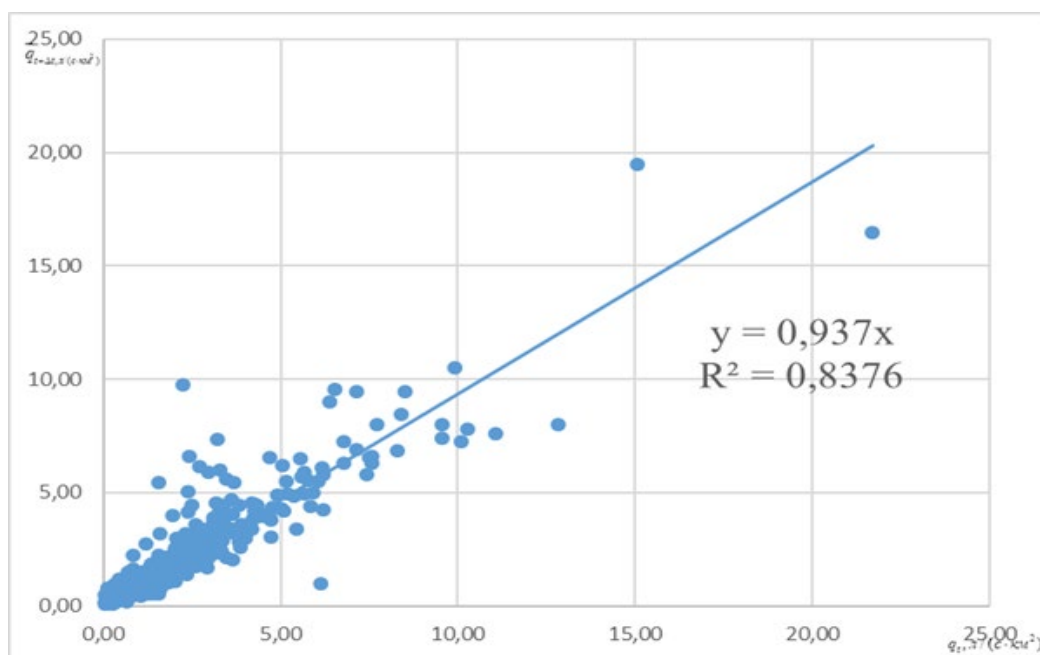


Рисунок 3.6 – Залежність для територіальних короткострокових прогнозів середньодадних модулів меженного стоку (для листопада) в басейні р.Південний Буг (1980-2015 рр.)

При цьому розкид точок на графіках залежностей обумовлені варіацією атмосферних опадів осіннього сезону, які можуть враховуватися за кількістю опадів у періоду випуску прогнозу стоку та метеорологічним прогнозом опадів на поточну декаду, відповідно будови річкової системи за методами визначення стокоформуєчих опадів.

Параметри залежностей для територіальних короткострокових прогнозів осіннього меженного стоку річок розглядуваної території наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Параметри залежностей для територіальних короткострокових прогнозів осіннього меженного стоку річок  $\bar{q}_{t+10} = f(q_t)$

| Басейн річки                                               | Вересень    |      | Жовтень     |      | Листопад    |      |
|------------------------------------------------------------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
|                                                            | Рівняння    | $r$  | Рівняння    | $r$  | Рівняння    | $r$  |
| Південний Буг                                              | $y = 0,98x$ | 0,91 | $y = 1,01x$ | 0,93 | $y = 0,94x$ | 0,91 |
| річки нижньої течії Південного Бугу та річок Причорномор'я | $y = 0,99x$ | 0,94 | $y = 1,0x$  | 0,97 | $y = 1,0x$  | 0,96 |

*Територіальне короткострокове прогнозування зимового меженного стоку річок.* Для періоду зимової (грудень-січень) межені приклади залежностей наведені на рис.3.7 та рис.3.8 (окремо для двох місяців зими).

При цьому на графіках залежностей для зимової межені тіснота зв'язків зменшується, що в більшій мірі пов'язане з наявністю зимових відлиг і

формуванням паводків в цей період, які визивають порушення режиму межені та є характерним для річок розглядуваної території.

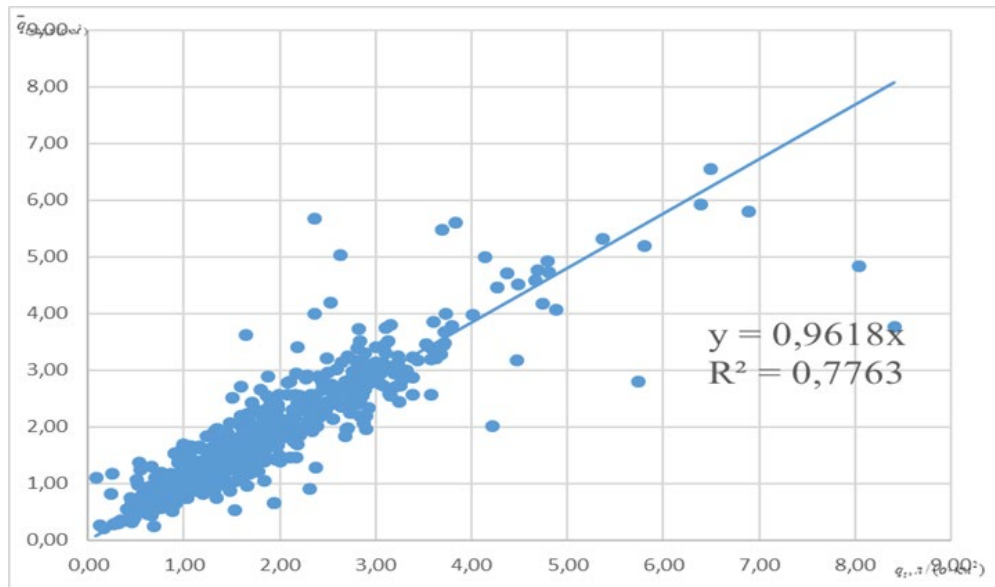


Рисунок 3.7 – Залежність для територіальних короткострокових прогнозів середньодадних модулів меженного стоку (за грудень) для басейну річки Південний Буг (1980-2015 рр.)

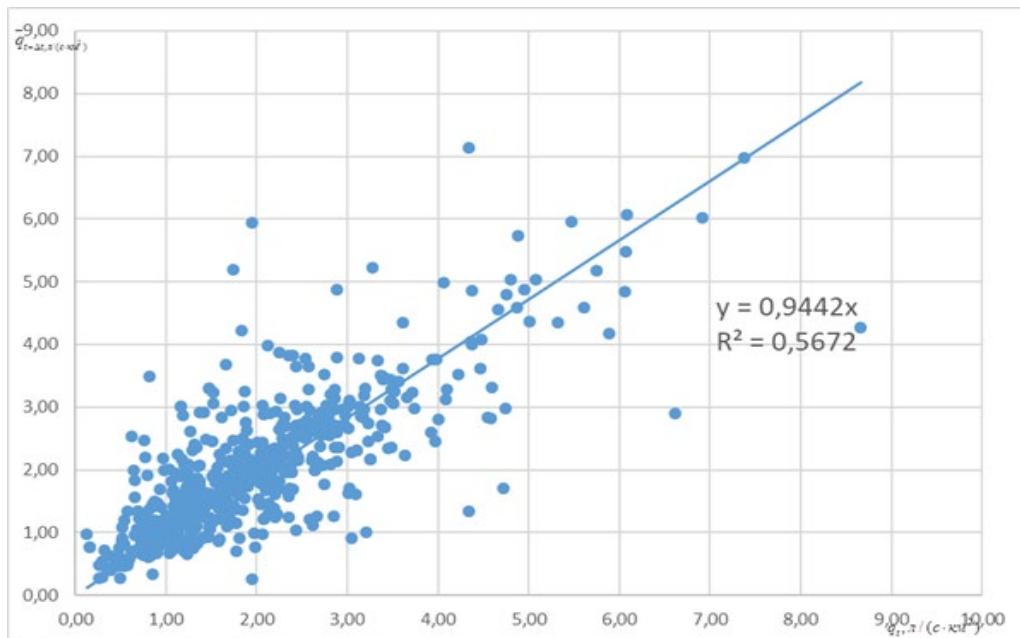


Рисунок 3.8 – Залежність для територіальних короткострокових прогнозів середньодадних модулів меженного стоку (за січень) в басейні лівобережжя Нижнього Дніпра (1980-2015 рр.)

Параметри залежностей для територіальних короткострокових прогнозів зимового меженного стоку річок розглядуваної території наведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Параметри залежностей для територіальних короткострокових прогнозів зимового меженного стоку річок  $\bar{q}_{t+10} = f(q_t)$

| Басейн річки                                                     | Грудень     |      | Січень      |      |
|------------------------------------------------------------------|-------------|------|-------------|------|
|                                                                  | Рівняння    | $r$  | Рівняння    | $r$  |
| Південний Буг                                                    | $y = 0,96x$ | 0,88 | $y = 0,94x$ | 0,75 |
| річки нижньої течії<br>Південного Бугу та<br>річок Причорномор'я | $y = 0,97x$ | 0,96 | $y = 0,91x$ | 0,91 |

### 3.4 Оцінка методики прогнозу меженного стоку річок

За критерій якості методики короткострокових прогнозів меженного стоку рівнинних річок басейну Південного Бугу прийняте відношення середньої квадратичної похибки  $S$  до середнього квадратичного відхилення  $\sigma_{\Delta}$  й забезпеченості допустимої похибки  $P\%$  [15],[27],[28].

Мірою точності методики прогнозів меженного стоку є середня квадратична похибка перевірених прогнозів ( $S$ ), яка при числі членів ряду не менше 25 обчислюється як

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q'_i)^2}{n}} . \quad (3.3)$$

Тут  $Q_i$  і  $Q'_i$  - спостережене і передбачене значення гідрологічного елементу, відповідно.

Середнє квадратичне відхилення змін прогнозової величини за період завчасності прогнозу від норми цієї змінної  $\sigma_\Delta$  від норми в роботі обчислюється по формулі

$$\sigma_\Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n-1}}, \quad (3.4)$$

де  $\Delta_i$  – зміна прогнозової величини за період завчасності прогнозу (різниця між кінцевим та початковим значенням);

$\bar{\Delta}$  - середнє значення цих змін;

$n$  – число членів ряду.

Методика прогнозу може вважатися практично ефективною, якщо похибки прогнозу не перевищують допустиму похибку ( $\delta_{don.}$ ).

Допустима похибка прогнозу визначається в залежності від природної змінності явища, що прогнозується

$$\delta_{don.} = \pm 0,674 \sigma_\Delta \quad (3.5)$$

і називається ймовірним відхиленням гідрологічної величини від її норми.

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

$$\delta = Y_i - Y'_i. \quad (3.6)$$

Прогноз вважається *справджуваним*, якщо абсолютна величина його похибки менша або дорівнює допустимій

$$\delta \leq \delta_{\text{доп}} \cdot \quad (3.7)$$

Методика прогнозу є ефективною для практики, якщо забезпеченість припустимої похибки перевірочних прогнозів  $P\%$  не менше, ніж на 10% перевищує забезпеченість ймовірного відхилення прогнозованої величини від його норми.

Оцінка методики територіальних прогнозів середньодадних витрат води меженного періоду річок в басейні р. Південний Буг здійснена окремо для літньої (червень-серпень), осінньої (вересень-листопад) та зимової (грудень-січень) межени. Результати перевірок просторових прогнозів за період 1980-2015 рр. представлені у зведених табл. 3.5 – табл.3.7.

Таблиця 3.5 – Оцінка методики територіального прогнозу середньодадних витрат води річок в басейні р. Південний Буг за літній період (1980-2015 рр.)

| Місяць                                                             | $\sigma_{\Delta}$ , л/(с·км <sup>2</sup> ) | $\delta_{\text{доп.}}$<br>л/(с·км <sup>2</sup> ) | $S$ , л/(с·км <sup>2</sup> ) | $S/\sigma_{\Delta}$ | $P\%$ |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|---------------------|-------|
| Басейн р. Південний Буг                                            |                                            |                                                  |                              |                     |       |
| Червень                                                            | 0,62                                       | 0,42                                             | 0,50                         | 0,79                | 76    |
| Липень                                                             | 0,98                                       | 0,66                                             | 0,79                         | 0,81                | 88    |
| Серпень                                                            | 0,69                                       | 0,46                                             | 0,52                         | 0,76                | 85    |
| Басейни річки нижньої течії Південного Бугу та річок Причорномор'я |                                            |                                                  |                              |                     |       |
| Червень                                                            | 0,32                                       | 0,22                                             | 0,27                         | 0,84                | 86    |
| Липень                                                             | 0,37                                       | 0,25                                             | 0,33                         | 0,89                | 80    |
| Серпень                                                            | 0,26                                       | 0,18                                             | 0,26                         | 0,98                | 88    |

Таблиця 3.6 – Оцінка методики територіального прогнозу середньо-декадних витрат води річок в басейні р. Південний Буг за осінній період (1980-2015 рр.)

| Місяць                                                             | $\sigma_{\Delta}$ , л/(с·км <sup>2</sup> ) | $\delta_{доп.}$<br>л/(с·км <sup>2</sup> ) | $S$ , л/(с·км <sup>2</sup> ) | $S/\sigma_{\Delta}$ | $P\%$ |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|---------------------|-------|
| Басейн р. Південний Буг                                            |                                            |                                           |                              |                     |       |
| Вересень                                                           | 0,52                                       | 0,35                                      | 0,55                         | 1,06                | 70    |
| Жовтень                                                            | 0,61                                       | 0,41                                      | 0,58                         | 0,94                | 76    |
| Листопад                                                           | 1,18                                       | 0,79                                      | 0,79                         | 0,67                | 88    |
| Басейни річки нижньої течії Південного Бугу та річок Причорномор'я |                                            |                                           |                              |                     |       |
| Вересень                                                           | 0,20                                       | 0,13                                      | 0,16                         | 0,81                | 91    |
| Жовтень                                                            | 0,18                                       | 0,12                                      | 0,13                         | 0,74                | 96    |
| Листопад                                                           | 0,19                                       | 0,13                                      | 0,17                         | 0,89                | 94    |

Таблиця 3.7 – Оцінка методики територіального прогнозу середньо-декадних витрат води річок в басейні р. Південний Буг за зимовий період (1980-2015 рр.)

| Місяць                                                             | $\sigma_{\Delta}$ , л/(с·км <sup>2</sup> ) | $\delta_{доп.}$<br>л/(с·км <sup>2</sup> ) | $S$ , л/(с·км <sup>2</sup> ) | $S/\sigma_{\Delta}$ | $P\%$ |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|---------------------|-------|
| Басейн р. Південний Буг                                            |                                            |                                           |                              |                     |       |
| Грудень                                                            | 0,91                                       | 0,61                                      | 0,48                         | 0,53                | 85    |
| Січень                                                             | 0,66                                       | 0,45                                      | 0,70                         | 1,05                | 70    |
| Басейни річки нижньої течії Південного Бугу та річок Причорномор'я |                                            |                                           |                              |                     |       |
| Грудень                                                            | 0,20                                       | 0,13                                      | 0,16                         | 0,84                | 94    |
| Січень                                                             | 0,37                                       | 0,25                                      | 0,25                         | 0,68                | 94    |

Отже методика територіальних короткострокових прогнозів середньодекадних витрат води меженного літнього, осіннього та зимового стоку річок в басейні р. Південний Буг оцінюється як задовільна – інтервал критерію якості та ефективності методики  $S/\sigma_{\Delta}$  становить в середньому 0,68-0,84, а забезпеченість допустимої похибки доволі висока –  $P$  % змінюється від 70% до 94%, при числі членів ряду більше 500 точок.

Висока забезпеченість  $P$  % при критерії якості методики на рівні задовільних оцінок свідчить про те, що окремі значні похибки виникають при випадінні стокоформуєчих опадів, особливо восени, які формують паводки на річках і порушують режим межені. Як вже відмічалось раніше, таких похибок можна уникнути або скоротити якщо кількість опадів періоду завчасності прогнозу враховувати за метеорологічним прогнозом опадів. Для зимових місяців значну роль у виникненні похибок прогнозів відіграє наявність зимових відлиг, таненні снігу і формування паводків, а в останні роки й випадіння рідких опадів в цей період. Похибки прогнозів можна дещо скоротити якщо використовувати поточне коректування поточних прогнозів середньо декадних витрат води меженного періоду [13].

Таким чином, методика територіальних прогнозів меженного літнього, осіннього та зимового стоку річок Півдня України дозволяє за встановленими регіональними залежностями та їх оцінки випускати прогнози середніх за декаду витрат води для будь якої річки території, не залежно від наявності регулярних спостережень за стоком води. Точність прогнозів середньодекадних витрат води літнього та осіннього меженних періодів буде визначатися варіацією опадів та врахуванням метеорологічного прогнозу опадів, а для зимового періоду – прогнозом температури повітря і можливим таненням снігу у періоди зимових відлиг.

Основні положення прогностичного методу для визначення меженних витрат води, реалізованого для річок басейну Південного Бугу, викладені автором даної роботи (у співавторстві) в [29-32].

#### 4 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГНОЗНИХ ВЕЛИЧИН МЕЖЕННОГО СТОКУ РІЧОК БАСЕЙНУ ПІВДЕННОГО БУГУ

У прогностичному методі територіальних короткострокових прогнозів величин меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг пропонується встановлення забезпеченості або ймовірності перевищення (ймовірності настання) прогнозних величин ( $P\%$ ), що є особливо важливим для річок не вивчених у гідрологічному відношенні.

За наявності багаторічних рядів стокових спостережень задача встановлення ймовірності перевищення у багаторічному розрізі прогнозованих величин ( $P\%$ ) вирішується шляхом побудови емпіричних кривих забезпеченості середніх витрат води меженного періоду  $q_{сер} = f(P\%)$  [13, 15]. У прогностичній моделі  $q_{сер}$  встановлюються по регіональних прогностичних залежностях вигляду (3.2).

Для визначення забезпеченості прогнозних величин середньодекадних витрат води літньої, осінньої та зимової межені в роботі був встановлений емпіричний розподіл середньомісячних модулів стоку в зазначені сезони межені (за період 1981-2015 рр.) в басейнах річок в басейні р. Південний Буг (рис.4.1- рис.4.3). З графіків емпіричного розподілу середньомісячних модулів стоку, для кожної прогнозної величини середньодекадних витрат води знімаються їх забезпеченості настання у багаторічному періоді  $P\%$ .

Методика визначення ймовірнісних характеристик при прогнозуванні меженних витрат води річок басейну Південного Бугу представлена в [32, 33] за участю автора роботи.

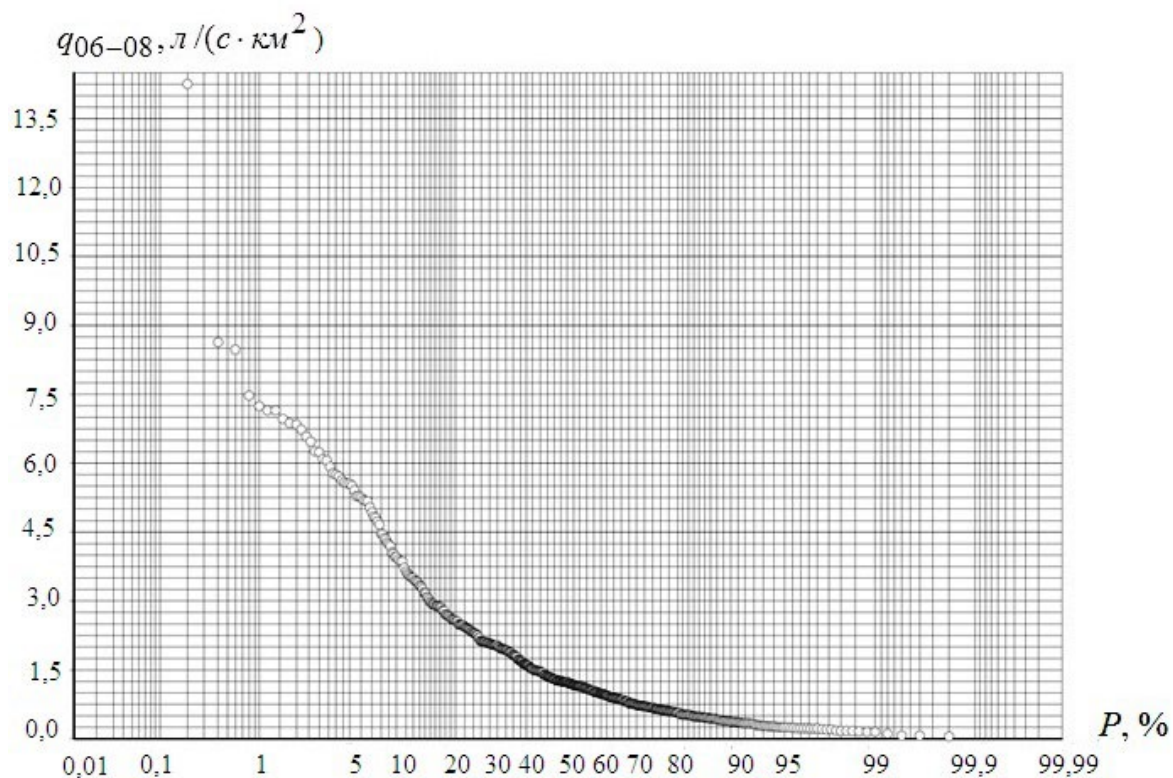


Рис. 4.1 – Емпіричний розподіл середньомісячних модулів стоку періоду літньої межні в басейні р.Південний Буг (за період 1981-2015 рр.)

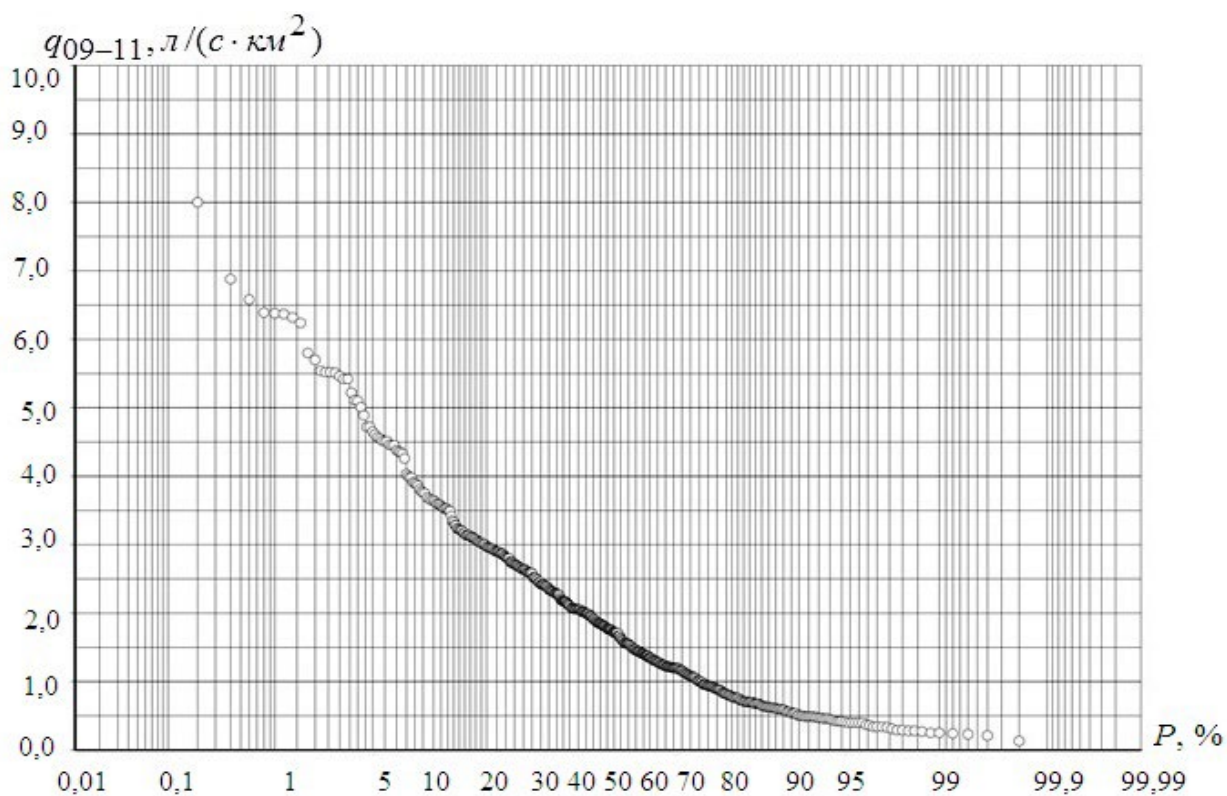


Рис. 4.2 - Емпіричний розподіл середньомісячних модулів стоку періоду осінньої межні в басейні р.Південний Буг (за період 1981-2015 рр.)

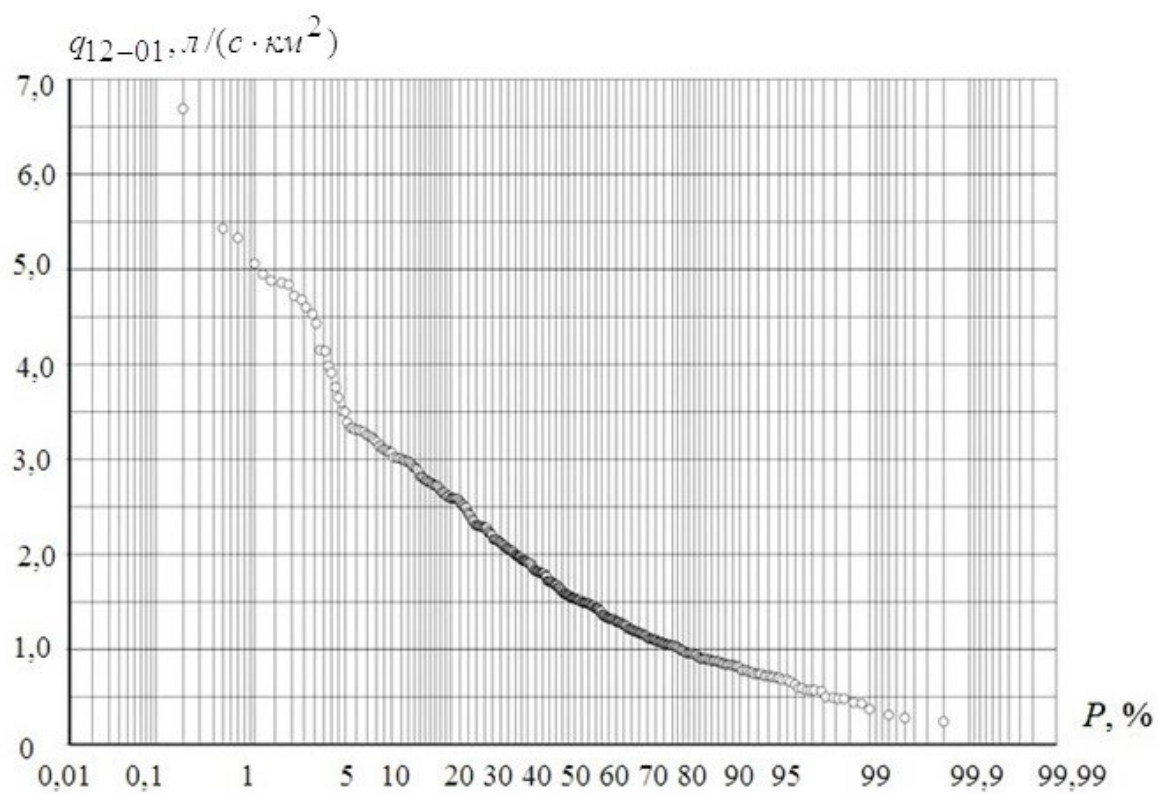


Рис. 4.3 - Емпіричний розподіл середньомісячних модулів стоку періоду зимової межені в басейні р.Південний Буг (за період 1981-2015 рр.)

## 5 КАРТОГРАФІЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТА ПРАКТИЧНА СХЕМА ПРОГНОЗУ МОДУЛІВ МЕЖЕННОГО СТОКУ РІЧОК В БАСЕЙНІ Р.ПІВДЕННИЙ БУГ ТА ЇХ ЙМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

### 5.1 Картографічне представлення прогнозних модулів меженного стоку річок

В гідрологічній практиці для наявного представлення будь-якої величини у просторовому розподілі будують карти зміни цих величин по території [13,14]. Це може відноситися й до прогнозних величин витрат води у меженний період.

В прогностичному методі територіальних короткострокових прогнозів величин меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг пропонується для оцінки розмірів очікуваної межені у кожному році, представляти прогнозні величини витрат води на підставі карт модулів меженного стоку  $\bar{q}'_{t+10}$  л/(с·км<sup>2</sup>). Одночасно з картами прогнозних значень модулів стоку меженного періоду надається й карта ймовірності перевищення прогнозних величин у багаторічному розрізі ( $P$  %) у будь-якій частині території, незалежно від стану її гідрометеорологічної вивченості.

Використання таких карто-схем прогнозних модульних коефіцієнтів меженних витрат води дозволяє здійснити просторовий моніторинг та оцінити ступінь маловоддя на річці Південний Буг, включаючи й ті річки, по яких спостереження за стоком відсутні, а їх ймовірнісні характеристики – надавати оцінку можливого виникнення низького стоку, навіть при досягненні його значень близьких до екологічних витрат води.

## 5.2 Практична схема випуску прогнозу меженного стоку річок за методикою

Практична схема випуску прогнозу середніх за період, що становить одну декаду ( $\Delta t = 10$  діб), витрат води по місяцях літньої, осінньої та зимової межени на річках в басейні р. Південний Буг відбувається за такою схемою (табл.5.1):

1. з автоматизованої системи АРМ-гідро виписуються витрати води  $Q_t$ , м<sup>3</sup>/с на дату випуску прогнозу;
2. витрати води  $Q_t$ , м<sup>3</sup>/с на дату випуску прогнозу перераховуються у модулі стоку  $q_t$ , л/(с·км<sup>2</sup>) за формулою  $q_t = Q_t / F * 1000$ , л/(с·км<sup>2</sup>);
3. по прогностичних рівняннях для кожного місяця розглядуваного періоду (табл. 3.2 – табл.3.4) за даними про модулі стоку  $q_t$ , л/(с·км<sup>2</sup>) (на дату складання прогнозу) прогнозуються середньодекадні модулі стоку  $\bar{q}_{t+10}$ , л/(с·км<sup>2</sup>), які перераховуються в  $\bar{Q}_{t+10}$ , м<sup>3</sup>/с;
4. з графіків емпіричного розподілу середньомісячних модулів стоку (рис.4.1- рис. 4.3) для прогнозних величин середньодекадних модулів стоку  $\bar{q}_{t+10}$  встановлюються їх забезпеченості ( $P\%$ );
5. виконується представлення прогнозних величин середньодекадних модулів стоку  $\bar{q}_{t+10}$  та їх ймовірístних величин у вигляді карто-схем розподілу по території;
6. після закінчення періоду прогнозу за даним щоденних витрат води (взяті з автоматизованої системи АРМ-гідро) розраховуються середні за декаду витрати води  $\bar{Q}_{t+10}$ , м<sup>3</sup>/с;
7. розраховується похибка прогнозу за формулою  $\delta = \bar{Q}_{t+10} - \bar{Q}_{t+10}$ , м<sup>3</sup>/с;
8. здійснюється оцінка справджуваності прогнозу за співвідношенням  $\delta / \delta_{don}$ .

Таблиця 5.1 – Практична схема випуску прогнозу середньодадних витрат води та їх забезпеченостей в басейні р. Південний Буг за третю декаду серпня 2020 р.

| Індекс поста | Річка - пост                      | $F$ , км <sup>2</sup> | $\delta_{доп.}$ , л/(с·км <sup>2</sup> ) | $\delta_{доп.}$ , м <sup>3</sup> /с | ДВП $t$ | $Q_t$ , м <sup>3</sup> /с | $q_t$ , л/(с·км <sup>2</sup> ) | Період прогнозу $t+\Delta t$ |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|---------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 81361        | Південний Буг - с.Тростянчик      | 17400                 | 0,66                                     | 11,5                                | 20.08   | 7,90                      | 0,45                           | 21-31.08                     |
| 81363        | Південний Буг - с.Підгір'я        | 24600                 | 0,66                                     | 16,2                                | 20.08   | 8,65                      | 0,35                           | 21-31.08                     |
| 81393        | Рів - с. Демидівка                | 1130                  | 0,66                                     | 0,75                                | 20.08   | 0,44                      | 0,39                           | 21-31.08                     |
| 81417        | Синюха - с.Синюхін Брід           | 16700                 | 0,66                                     | 11,0                                | 20.08   | 1,15                      | 0,07                           | 21-31.08                     |
| 81430        | Велика Вись - с.Ямпіль            | 2820                  | 0,66                                     | 1,86                                | 20.08   | 0,31                      | 0,11                           | 21-31.08                     |
| 81433        | Ятрань - с.Покотилове             | 2140                  | 0,66                                     | 1,41                                | 20.08   | 0,11                      | 0,05                           | 21-31.08                     |
| 81414        | Кодима – с. Катеринка             | 2390                  | 0,25                                     | 0,60                                | 20.08   | 0,049                     | 0,02                           | 21-31.08                     |
| 81438        | Чорний Ташлик - с. Тарасівка      | 2230                  | 0,25                                     | 0,56                                | 20.08   | 0,27                      | 0,12                           | 21-31.08                     |
| 81450        | Інгул – с. Новогорожене           | 6670                  | 0,25                                     | 1,67                                | 20.08   | 2,3                       | 0,34                           | 21-31.08                     |
| 81338        | Тилігул - с. Березівка            | 3170                  | 0,25                                     | 0,79                                | 20.08   | 0,00                      | 0,00                           | 21-31.08                     |
| 81475        | Великий Куяльник - с. Северинівка | 1840                  | 0,25                                     | 0,46                                | 20.08   | 0,00                      | 0,00                           | 21-31.08                     |

Продовження таблиці 5.1

| Індекс поста | Річка - пункт спостережень        | $\bar{q}_{t+10}$ , л/(с·км <sup>2</sup> ) | $\bar{Q}_{t+10}$ , м <sup>3</sup> /с | $\bar{Q}_{t+10}$ , м <sup>3</sup> /с | $\delta$ , м <sup>3</sup> /с | $\delta / \delta_{don}$ | P% |
|--------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----|
| 81361        | Південний Буг - с.Тростяничик     | 0,40                                      | 6,87                                 | 7,42                                 | 0,55                         | 0,05                    | 84 |
| 81363        | Південний Буг - с.Підгір'я        | 0,31                                      | 7,53                                 | 7,68                                 | 0,15                         | 0,01                    | 86 |
| 81393        | Рів - с. Демидівка                | 0,34                                      | 0,38                                 | 0,46                                 | 0,08                         | 0,10                    | 86 |
| 81417        | Синюха - с.Синюхін Брід           | 0,06                                      | 1,00                                 | 1,25                                 | 0,25                         | 0,02                    | 96 |
| 81430        | Велика Вись - с.Ямпіль            | 0,10                                      | 0,27                                 | 0,28                                 | 0,01                         | 0,01                    | 95 |
| 81433        | Ятрань - с.Покотилове             | 0,04                                      | 0,10                                 | 0,11                                 | 0,01                         | 0,01                    | 97 |
| 81414        | Кодима – с. Катеринка             | 0,02                                      | 0,04                                 | 0,023                                | -0,02                        | ;0,03                   | 54 |
| 81438        | Чорний Ташлик - с. Тарасівка      | 0,10                                      | 0,22                                 | 0,25                                 | 0,03                         | 0,06                    | 50 |
| 81450        | Інгул – с. Новогорожене           | 0,28                                      | 1,86                                 | 2,25                                 | 0,39                         | 0,23                    | 40 |
| 81338        | Тилігул - с. Березівка            | 0,00                                      | 0,00                                 | 0,00                                 | 0,00                         | 0,00                    | 54 |
| 81475        | Великий Куяльник - с. Северинівка | 0,00                                      | 0,00                                 | 0,00                                 | 0,00                         | 0,00                    | 54 |

Результати перевірних прогнозів середньодекадних витрат води та їх забезпеченостей в басейні р.Південний Буг здійснені для третьої декади серпня 2020 року (незалежна вибірка) і представлені в табл. 5.1. Забезпеченість складених прогнозів становить 100%, а прогнози відносяться до категорії «відмінний» при режимі сталої межени річках в період серпня 2020 р.

Збіжність спрогнозованих і спостережених середньодекадних витрат води (3 декада серпня 2020 року в басейні річки Південний Буг та північно-західного Причорномор'я) показана на рис 5.1.

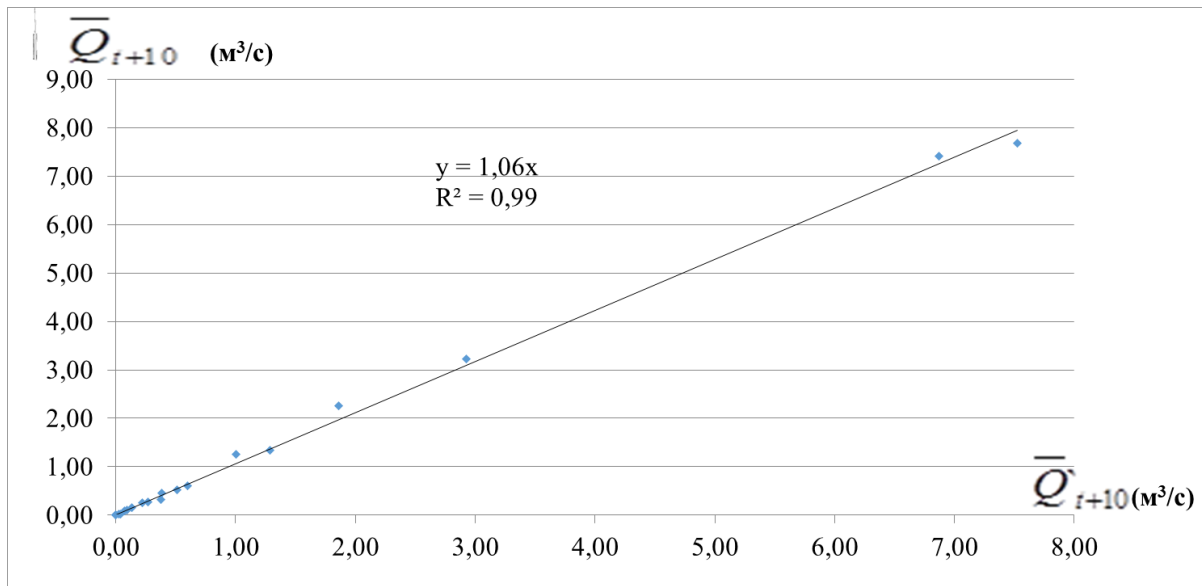


Рис 5.1 Збіжність спрогнозованих і спостережених середньодакдних витрат води (3 декада серпня 2020 року в басейні річки Південний Буг та північно-західного Причорномор'я)

Авторами [32] були побудовані карто-схеми розподілу по території прогнозних величин середньодакдних витрат води та їх ймовірїстних величин при використанні програми Surface Mapping System Surfer Version 11.6.1159. Розподїл по території прогнозних величин середньодакдних модулїв стоку лїтньої меженї (для третьої декади серпня 2020 р.) на рїчках басейну Пївденного Бугу та пївнїчно-захїдного Причорномор'я представленї на рис. 5.2.

З графїків емпїричних розподїлїв середньомїсячних витрат води (рис.4.1-рис.4.3), для кожної прогнозної величини середньодакдних витрат води, були знятї їх забезпеченостї. Розподїл по території забезпеченостї прогнозних величин середньодакдних витрат води лїтньо-осїньої меженї (для третьої декади серпня 2020 р.) на рїчках басейну Пївденного Бугу та пївнїчно-захїдного Причорномор'я представлений на рис 5.3.

Модулї стоку  $\bar{q}_{t+10}$  змїнюються в верхїв'ях ї середнїй течїї Пївденного Бугу вїд 0,4-0,2 л/(с·км²) при забезпеченостї  $P\%$  85-75 % до 0,1-0,05 л/(с·км²) при  $P\%$  65-50% - в нижнїй течїї. Слїд вїдзначити, що для рїчок Тилїгул ї Великий Куяльник у третю декаду липня 2020 р. прогнозувалося їх пересихання, але забезпеченїсть таких нульових модулїв стоку становить 50-55%.

Таким чином, побудовані на дату випуску прогнозу карто-схеми надають можливості здійснювати просторовий моніторинг меженного стоку річок та випускати прогнози витрат води у цей період в конкретному пункті території, навіть для тих річок, по яких спостереження за стоком відсутні.

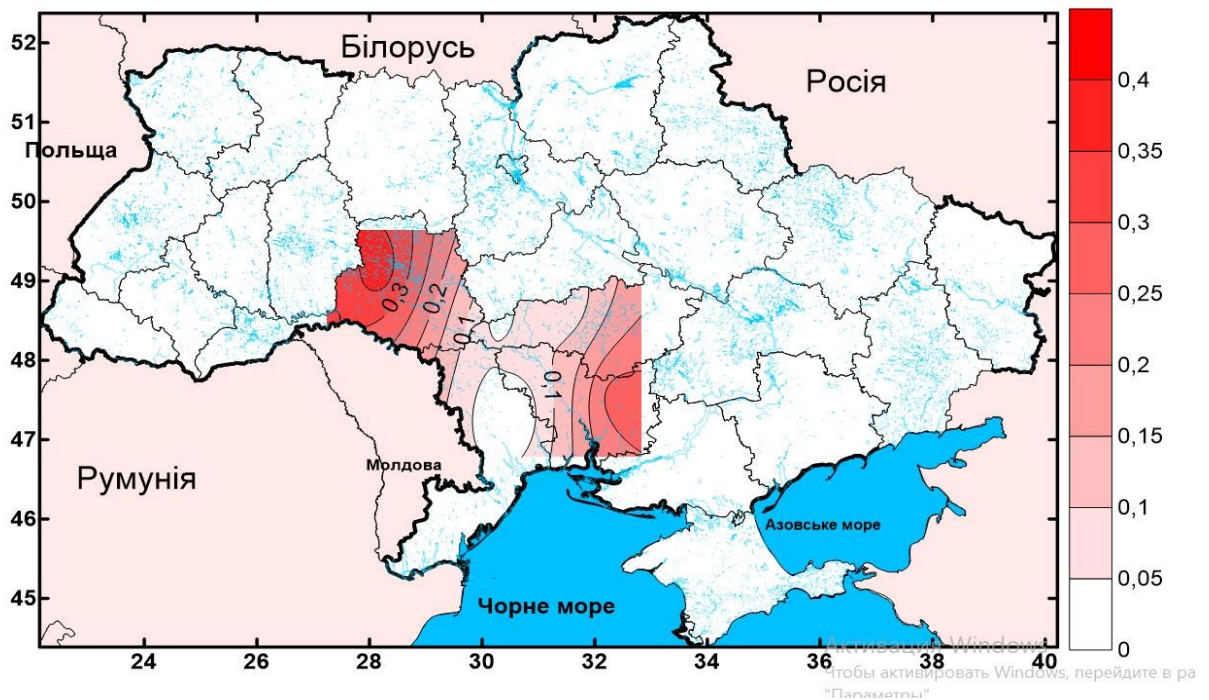


Рис. 5.2 - Карто-схема прогнозних величин середньодадних модулів стоку періоду літньої межени (3 декада серпня) 2020 р ( $\bar{q}_{t+10}$ , л/(с·км<sup>2</sup>) в басейнах річок Південного Бугу та північно-західного Причорномор'я.

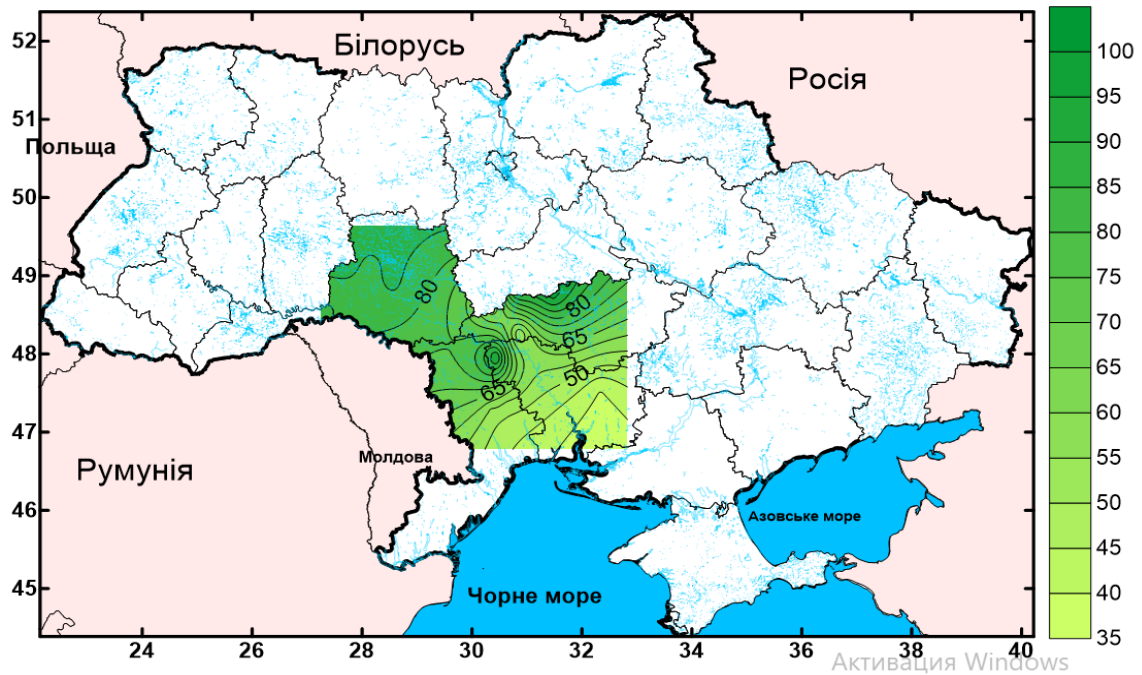


Рис. 5.3 - Карто-схема прогнозних забезпеченостей середньодадних витрат води періоду літньої межні (3 декада серпня) 2020 р. ( $P\%$ ) в басейнах Південного Бугу та північно-західного Причорномор'я

### 5.3 Схема випуску прогнозу меженного стоку річок по карто-схемах прогнозних величин середньодадних модулів стоку

За наявності карто-схем прогнозних величин середньодадних витрат води та їх ймовірностей перевищення у багаторічному розрізі ( $P\%$ ) випуск прогнозу здійснюється для будь-якої річки території (для центру тяжіння водозбору) шляхом інтерполяції між ізолініями прогнозних величин.

Крім того, карти прогнозних величин середньодадних витрат води та їх ймовірностей перевищення у багаторічному розрізі дають змогу здійснити моніторинг майбутньої водності річок у найближчу декаду, навіть при досягненні значень витрат води близьких до найменших витрат води за багаторічний період чи, навіть, екологічних витрат води.

Згідно Положення про порядок оцінки та інформування про маловоддя (гідрологічну посуху) на водних об'єктах суші України (2020 р.) [34] екологічна витрата води є критичним показником для функціонування екосистеми річки і

критерієм оцінки настання маловоддя на річках (протягом одного місяця і більше).

В роботі [35] здійснено визначення екологічних витрати води, які є сталим розрахованим показником для кожного гідрологічного поста на річках. При цьому автором [35] для розрахунку екологічної витрати використана методика Українського ГМЦ [34]. Вона полягає у встановленні року, що відповідає середньої річної витраті води на рівні 95% забезпеченості, далі в межах цього року вибирається найменша середня місячна витрата води у період літньо-осінньої межени (червень-листопад), а за екологічну витрату води приймається її значення 75% від найменшої середньої місячної витрати води для даного гідрологічного поста. Так, для деяких річок басейну р. Південний Буг величини екологічних витрат води наведені в табл.5.2.

В роботі був виконаний прогноз середньодадних витрат води по карто-схемах прогнозних величин середньодадних модулів стоку (рис.5.1) та їх забезпеченостей  $P\%$  (рис.5.2) в басейні р. Південний Буг (для третьої декади серпня 2020 р.). Результати прогнозів середньодадних витрат води та їх забезпеченостей наведені у табл.5.2. В порівнянні прогнозних середньодадних витрат води річок з величиною їх екологічних витрат води (рис 5.4), можна здійснити попередній просторовий моніторинг майбутньої водності річок у найближчу декаду та оцінити ступінь маловоддя на річках басейну р. Південний Буг, навіть при досягненні значень витрат води близьких до екологічних. Так, як можна бачити з табл. 5.2 та рис 5.4 , на річках Тилігул, Південний Буг – смт Олександрівка, Чорний Ташлик - с.Піщаний Брід, Мертвовід середньодадні витрати води у третю декаду серпня 2020 р. прогнозувалися таким, що були нижчими або близькими до розрахункових екологічних.

Ймовірнісні ж характеристики меженного стоку  $P\%$  (табл.5.2) дають змогу надавати оцінку можливого виникнення низького стоку у багаторічному періоді.

Таблиця 5.2 – Схема випуску прогнозу середньодекадних витрат води по карто-схемах прогнозних величин середньодекадних модулів стоку та їх забезпеченостей в басейні р. Південний Буг (для третьої декади серпня 2020 р.)

| Індекс поста | Річка - пост                            | Площа водозборів, $F$ , км <sup>2</sup> | $\bar{q}_{t+10}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )<br><b>рис.5.1</b> | $\bar{Q}_{t+10}$ , м <sup>3</sup> /с | $\bar{Q}_{t+10}$ , м <sup>3</sup> /с | Екологічна витрата води ( $Q_{min_{сер/міс}} * 0,75$ ), м <sup>3</sup> /с [35] | $P\%$<br><b>рис.5.2</b> |
|--------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|              | р. Тилігул – с. Новоукраїнка            | 810                                     | 0,00                                                        | <b>0,00</b>                          | -                                    | <b>0</b>                                                                       | 55                      |
| 81338        | р. Тилігул – с. Березівка               | 3170                                    | 0,00                                                        | <b>0,00</b>                          | 0,00                                 | <b>0</b>                                                                       | 50                      |
| 81414        | р. Кодима – с. Катеринка                | 2390                                    | 0,02                                                        | 0,04                                 | 0,023                                | <b>0</b>                                                                       | 60                      |
|              | р. Чорний Ташлик – с. Піщаний Брід      | 1830                                    | 0,12                                                        | <b>0,22</b>                          | -                                    | <b>0,24</b>                                                                    | 60                      |
| 81438        | р. Чорний – Ташлик м. Тарасівка         | 2230                                    | 0,10                                                        | 0,22                                 | 0,25                                 | <b>0,075</b>                                                                   | 60                      |
| 81801        | р. Південний Буг – смт Олександрівка    | 46200                                   | 0,2                                                         | <b>9,24</b>                          | 10,1                                 | <b>11,4</b>                                                                    | 75                      |
| 81439        | р. Мертвовід – с.Крива Пустош           | 252                                     | 0,08                                                        | <b>0,020</b>                         | 0,022                                | <b>0,023</b>                                                                   | 80                      |
|              | р. Гнилий Єланець – с.Женево-Криворіжжя | 1190                                    | 0,05                                                        | 0,060                                | -                                    | <b>0</b>                                                                       | 75                      |
| 81446        | р. Інгул – м. Кіровоград                | 840                                     | 0,20                                                        | 0,17                                 | 0,36                                 | <b>0,068</b>                                                                   | 65                      |
| 81449        | р. Інгул – с. Седнівка                  | 4770                                    | 0,20                                                        | 0,95                                 | 1,04                                 | <b>0,135</b>                                                                   | 60                      |
| 81450        | р. Інгул – с.Новогорожене               | 6670                                    | 0,25                                                        | 1,66                                 | 2,25                                 | <b>0,786</b>                                                                   | 50                      |
|              | р. Громоклія – с.Михайлівка             | 1410                                    | 0,1                                                         | 0,14                                 | -                                    | <b>0</b>                                                                       | 60                      |

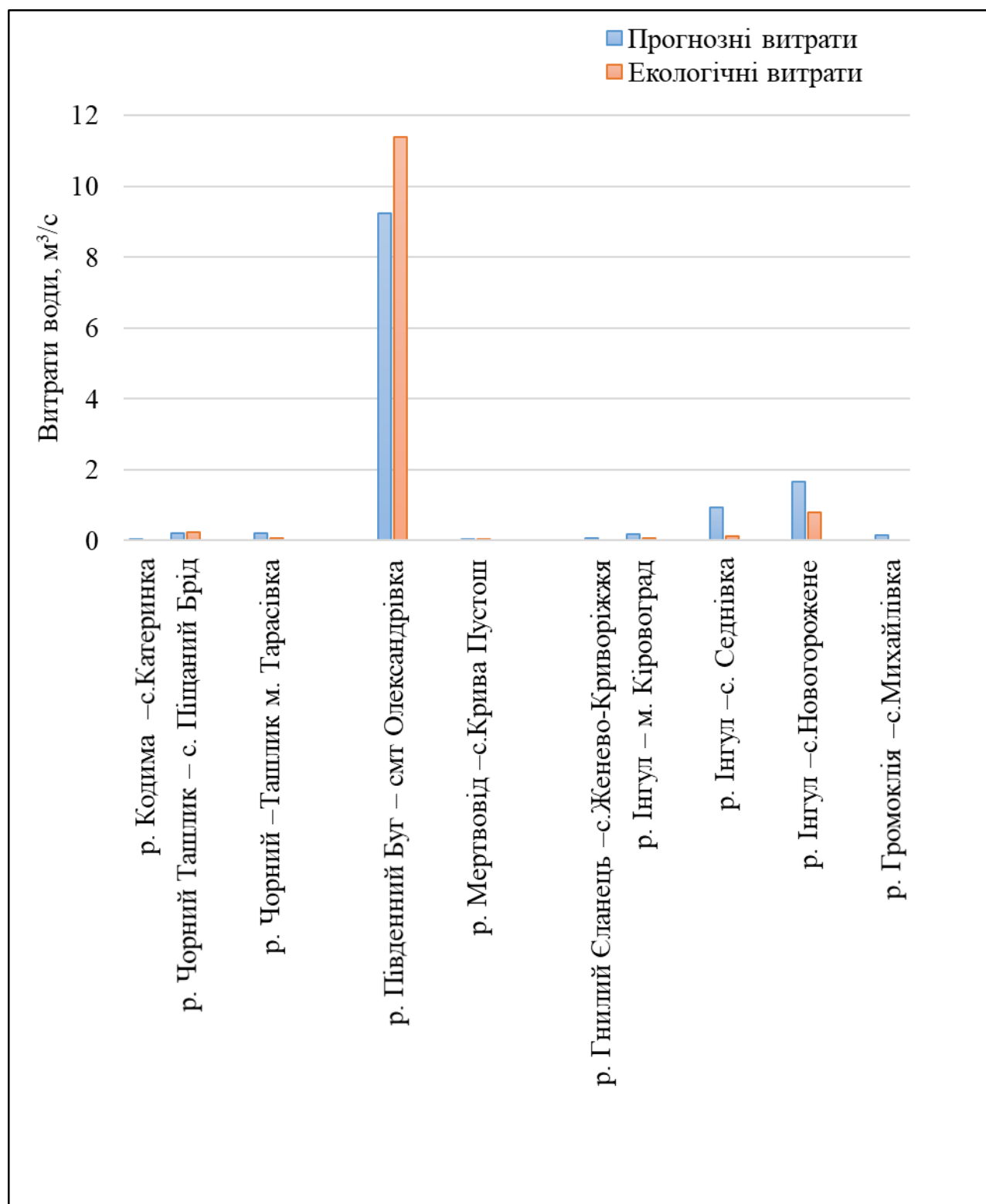


Рис. 5.4 – Порівнянні прогнозних середньодакдних витрат води (3 декада серпня 2020 р.) річок з величиною екологічних витрат води, на річках басейну р. Південний Буг

## Висновки

В результаті виконання роботи розроблено та оцінено методику територіального прогнозування меженного літньо-осіннього і зимового стоку річок басейну р. Південний Буг.

Басейн річки Південний Буг, який знаходиться на території України. Річка Південний Буг належить до великих річок басейну Чорного моря, бере початок в піднесеній частині вільного подільського плато в 2 км на північний захід від с. Холодець Волочиського району Хмельницької області. Впадає в лиман Дніпро-Бугський, утворюючи нижче гирло р. Інгул (м. Миколаїв). Клімат території помірно-континентальний. Середньорічні суми опадів коливаються від 550 мм у верхів'ях басейну до 360 мм - в гирлі. Найменша кількість опадів спостерігається в лютому, найбільша - в червні-липні. Літня і зимова межінь характеризується стійкістю, маловодістю і значною тривалістю; осінні підйоми спостерігаються після обложних дощів. Інколи межінь порушується невеликими дощовими паводками.

У басейні Південного Бугу найнижча межень властива для літньо-осіннього періоду, коли відбувається виснаження підземних вод, які формують стік. Зимова межень дещо вища внаслідок підживлення річки талими водами під час відлиг. Але в окремі роки з суворими зимами меженний стік так само низький, як і влітку. На формування меженного стоку істотно впливає господарська діяльність, особливо значна зарегульованість річок.

До найбільш вагомих висновків можна віднести такі:

1. Розробка та оцінка методики територіальних короткострокових прогнозів середньодадних витрат води літнього, осіннього та зимового періоду в басейні Південного Бугу була здійснена шляхом встановлення узагальнених у зв'язку з особливостями розподілу місячних сум опадів у межах розглядуваного сезону року, залежностей витрат води від попередніх витрат води (у модулях стоку)

$$\bar{q}_{t+10} = f(q_t) \text{ окремо для місяців (з 1980 по 2015 рр.).}$$

2. Розроблена методика територіальних короткострокових прогнозів середньодадних витрат води меженного літнього, осіннього та зимового стоку річок в басейні р. Південний Буг оцінюється як задовільна – інтервал критерію якості та ефективності методики  $S/\sigma_{\Delta}$  становить в середньому 0,68-0,84, а забезпеченість допустимої похибки доволі висока –  $P\%$  змінюється від 70% до 94%, при числі членів ряду більше 500 точок.

3. У прогностичному методі територіальних короткострокових прогнозів величин меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг пропонується, аналогічно максимального стоку весняного водопілля, встановлення забезпеченості або ймовірності перевищення (ймовірності настання) прогнозних величин ( $P\%$ ), що є особливо важливим для річок не вивчених у гідрологічному відношенні. За наявності багаторічних рядів стокових спостережень задача встановлення ймовірності перевищення у багаторічному розрізі прогнозованих величин ( $P\%$ ) вирішена шляхом встановлення емпіричного розподілу середніх модулів стоку меженного періоду.

4. В запропонованому методі прогнозів величин меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг для наявного представлення прогнозних величини у просторовому розподілі будують карти зміни цих величин по території, а також їх забезпеченостей ( $P\%$ ), що зняті з графіків емпіричних кривих розподілу середньомісячних витрат води. Такі карти побудовані для літньої межени (3 декади серпня місяця 2020 р.).

5. За наявності карто-схем прогнозних величин середньодадних модулів стоку та їх ймовірностей перевищення у багаторічному розрізі ( $P\%$ ) випуск прогнозу здійснюється для будь-якої річки території (для центру тяжіння водозбору) шляхом інтерполяції між ізолініями прогнозних величин.

6. По зазначених картах можна здійснити попередній просторовий моніторинг майбутньої водності річок у найближчу декаду та оцінити ступінь маловоддя на річках, навіть при досягненні значень витрат води близьких до екологічних. Так, результати прогнозів по картах середньодадних модулів стоку та їх забезпеченостей в басейні р. Південний Буг в порівнянні прогнозних середньодадних витрат води річок з величиною їх екологічних витрат води

показали, що на річках Тилігул, Південний Буг – смт Олександрівка, Чорний Ташлик - с. Піщаний Брід, Мертвовід середньодадні витрати води у третю декаду серпня 2020 р. прогнозувалися таким, що були нижчими або близькими до розрахункових екологічних.

Ймовірнісні ж характеристики меженного стоку  $P\%$  дають змогу надавати оцінку можливого виникнення низького стоку у багаторічному періоді.

### Список літератури

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озер и расчеты основных характеристик их режима. Том 6. «Украина и Молдавия», вып. 1, Западная Украина и Молдавия (без бассейна р. Днестр) / Под ред. М.С. Каганера. Ленинград, Гидрометеиздат, 1978. 491 с.
2. Вишневський В. І. Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-Центр, 2003. 324 с
3. Швебс Г.І., Ігошин М.І. / Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.
4. 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>
5. Клімат України / За ред. В.М.Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – Київ: Вид-но Раєвського, 2003. – 343 с.
6. Справочник по климату СССР. Выпуск 10. «Температура воздуха и почвы», Гидрометеиздат, Ленинград, 1967. 608 с.
7. Справочник по климату СССР. Выпуск 10. «Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров», Гидрометеиздат, Ленинград, 1969. 696 с.
8. Кліматичний кадастр України (бч.). Державна гідрометеорологічна служба. Київ: 2006, електронний ресурс.: [climate\\_cgo@inbox.ru](mailto:climate_cgo@inbox.ru).
9. Агрокліматичний довідник по території України / за редакцією: Т.І.Адаменко, М.І.Кульбіді, А.Л.Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р.С., 2011. 108 с.
10. Загальна гідрологія : підручник / за ред. В.К. Хільчевського, О.Г. Ободовського. Київ: ІПЦ «Київ. ун-т», 2008. 399 с. – Режим доступу : URL : <https://uhe.gov.ua/sites/default/files/2018-07/REP0000672.PDF>

11. Горбачова Л.О. Гідрологія: навчальний посібник для вищих навчальних закладів. Київ: Видавництво НПУ імені М.П. Драгоманова, 2010. 125 с.
12. Ющенко Ю.С. Загальна гідрологія : підручник. Чернівці: Чернівецький нац.ун-т, 2017. 591 с. – Режим доступа : URL : <http://odnb.odessa.ua/vnn/book/2832>
13. Шакірзанова Ж.Р. Довгострокові гідрологічні прогнози: Конспект лекцій. Одеса: Вид-во ТЕС, 2010. 154 с.
14. Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1958. 386 с.
15. Руководство по гидрологической практике. Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения. ВМО - №168. Пятое изд., Всем. Метеор. Орг., 1994 / Изд. на русском языке, 1994. 843 с.
16. Bodwell V. J. Regression analysis of non-linear catchment systems. Water Resources Research. 1971. Vol. 7. Pp. 1118–1125.
17. Wright C. E. Monthly Catchment Regression Models: Thames Basin. Central Water Planning Unit, Technical. 1975. Note No. 8, Reading, U.K. Pp.
18. Bureau de recherches géologiques et minières. Situation hydrologique et prevision de basses eaux. Juin 1978. Bulletin No. 5. Orléans, France.
19. International Association of Hydrological Sciences. Proceedings of the International Symposium on Flash Floods – Measurements and Warning. Paris, 9–12 September. 1974, Publication No. 112.
20. Operational Hydrology Report № 34. World Meteorological Organization: Hydrological Models for Water-Resources System Design and Operation. 1990. No. 740, Geneva.
21. Христюк Б.Ф. Краткосрочное прогнозирование уровней воды в Килийском рукаве Дуная. Energetika. Т. 60. № 1. 2014. С. 69-75.
22. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші (за 2011-2015 рр. та весь період спостережень). Ч. 1. Річки. Вип. 1. Басейни Західного Бугу, Дунаю, Дністра, Південного Бугу: довідкове видання. Київ, 2017. 465 с.

23. 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.
24. Бойко В.М., Кульбіда М.І., Адаменко Т.І. Використання геоінформаційних технологій в оперативній гідрометеорології. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2010. Вип.18. С.25-30.
25. Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів. URL: <http://www.hmcbas.od.ua> (дата звернення: 15.05.2022).
26. Прокоф'єв О.М., Гончарова Л.Д. Клімато-географічні особливості розподілу опадів на території України в осінній період. Екологічні науки. 2021. № 2 (35). С. 94-98.
27. Настанова з оперативної гідрології. Прогнози режиму вод суші. Гідрологічне забезпечення і обслуговування. Керівний документ. Київ: Український гідрометеорологічний центр, 2012. 120 с.
28. Оцінювання якості методики та точності (справджуваності) прогнозів режиму поверхневих вод суші / Керівний документ. Київ: Український гідрометеорологічний центр, 2015. 70 с.
29. Шакірзанова Ж. Р., Погорелова М.П., Мостій А.С., **Блага А.О.**, Стратійчук О.В. Методика прогнозування сезонного меженного стоку річок Півдня України для забезпечення сталого водокористування. Другий Всеукраїнський гідрометеорологічний з'їзд: тези доповідей. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 7-9 жовтня 2021 року. С.109-110.
30. **Блага А.** Методика прогнозування меженного стоку в умовах антропогенної зарегульованості річки Південний Буг. *Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: Мат. IX Міжнародної наукової конференції молодих вчених* (25-26 листопада 2021 р., м. Харків). 2021. С.19-21.
31. **Блага А. О.** Прогностична методика для визначення меженних витрат води в басейні р. Південний Буг. *Матеріали XXI наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету 23-31 травня, ОДЕКУ, Одеса. 2022. С.75-76.*

32. Тимко О.С., **Блага А.О.** Територіальна методика прогнозування меженного стоку річок Південного Бугу, Причорномор'я та Нижнього Дніпра. *Матеріали VI-го Всеукраїнського пленеру з питань природничих наук. 25-26 червня.* Одеса. 2022. С. 81-84.
33. Тимко О.С. Методика визначення ймовірнісних характеристик при прогнозуванні меженних витрат води річок півдня України. *Матеріали XXI наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету* 23-31 травня, ОДЕКУ, Одеса. 2022. С.93-94.
34. Положення про порядок оцінки та інформування про маловоддя (гідрологічну посуху) на водних об'єктах суші України. Київ: Український гідрометеорологічний центр, 2020. 13 с.
35. Кретов А. О. Розрахункові характеристики мінімального добового та екологічного стоку на річках Півдня України. *Матеріали студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету 11-18 травня 2022 р.,* ОДЕКУ, Одеса. 2022. С.197–201.

## Додаток



ДСНС України

**ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР ЧОРНОГО ТА АЗОВСЬКОГО МОРІВ  
(ГМЦ ЧАМ)**

Французький бульвар, 89, м. Одеса, 65062, тел. (048) 795-25-09

[www.hmcbas.od.ua](http://www.hmcbas.od.ua)

код ЄДРПОУ 20992067

[pgdgmccham@meteo.gov.ua](mailto:pgdgmccham@meteo.gov.ua)

*29.09.2022р* № *9944-2.234/9944-04*

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Т.в.о. зав. кафедри гідрології суші  
Одеського державного екологічного  
університету  
Овчарук Валерії Анатоліївни  
м. Одеса, вул. Львівська, 15

Про кваліфікаційні роботи магістрів

Шановна Валерія Анатоліївна!

Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів зацікавлений у виконанні кваліфікаційних робіт магістрами ОПП «Гідрологія і комплексне використання водних ресурсів» за такою тематикою:

1. Територіальне прогнозування меженного літньо-осіннього і зимового стоку річок басейну р. Південний Буг.
2. Дослідження якості води малих річок межиріччя Дунай-Дністер.

Будемо вдячні за надання ГМЦ ЧАМ результатів кваліфікаційних робіт магістрів Ваших студентів для подальшого використання і впровадження у виробничу діяльність нашого підприємства.

Начальник



Віктор СИТОВ

Свєтєлєн Бояринцев  
(048)743-32-03