

**Д. Ю. Кравченко**

студент I курсу ОР Магістр

спеціальність Е4 «Науки про Землю»

науковий керівник: **Ж. Р. Шакірзанова**

*д-р геогр. наук, професор кафедри гідрології суші*

## **МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ НИЗЬКОГО СТОКУ РІЧОК ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

**Актуальність дослідження.** Територія Півдня України є регіоном недостатньо забезпечений водними ресурсами. Одним з небезпечних наслідків кліматичних змін є збільшення частоти та амплітуди небезпечних природних явищ, до яких в гідрологічному циклі можна віднести й періоди тривалого низького стоку, які формуються внаслідок гідрологічних посух.

Попередній прогноз низьких витрат води і формування при цьому маловоддя річок при дифіциті водних ресурсів дозволить більш надійно обґрунтовувати питання безперервного водозабезпечення населення та промисловості будь-якої галузі господарства країни. При цьому актуальною є задача практичного використання сучасних прогностичних методик для визначення низького стоку річок з урахуванням впливу змін клімату та антропогенного зарегулювання, що дає можливість ймовірнісної оцінки гідрологічних ризиків на території Півдня України.

**Об'єкт і предмет дослідження.** Формування низького стоку річок Півдня України - річок в межах північно-західної частини Причорноморської низовини.

**Мета роботи.** Проаналізувати методичні підходи до прогнозування низького стоку річок Півдня України, враховуючи дослідження, що виконані Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) [1].

### **Результати досліджень та їх аналіз.**

Під меженним стоком рівнинних і гірських річок розуміють стік літньо-осіннього і зимового періодів, коли річки отримують живлення в основному від підземних вод і лише іноді мають приток від дощів чи від танення снігу у періоди зимових відлиг [2]. Чинники, які впливають на формування стоку річок у межень поділяють на тимчасові і постійно діючі. До перших з них відносять кліматичні умови (кількість опадів періоду формування стоку) та підземне живлення річок, до других - фізико-географічні фактори.

Роль рідких опадів в стоці річок меженого періоду залежить від кліматичних умов той географічної зони, де розташований водозбір. У посушливих зонах суттєвий дощовий стік у межень практично відсутній. В зонах надмірного зволоження (наприклад, північні та північно-східні райони України), навпаки, дощові паводки на річках в період межені –

явище часте, особливо восени. Зимою, в зонах з м'яким кліматом, річки отримують додаткове живлення за рахунок дощів та танення снігу у періоди зимових відлиг (південні райони України).

Запаси підземних вод, які в основному й обумовлюють меженний стік, складаються з двох джерел вод: глибинних (напірних) та ґрунтових вод. Доля глибинного підземного живлення обумовлена геологічною та гідрогеологічною будовою водозборів, воно достатньо стає і може бути визначено за мінімальними витратами води літньої або зимової межени. Ґрунтове живлення відбувається за рахунок першого від поверхні безнапірного водоносного горизонту, має сезонні коливання, поповнення ґрунтових вод здійснюється в період весняних водопіль.

Суттєвий вплив на режим річок в межень оказують й постійно діючі фізико-географічні фактори: рельєф, площа водозборів, глибина перерізу русла, наявність озер та боліт. Чим більший розмір водозбору, тим більш плавно відбуваються зміни в режимі річки. Так, в степовій зоні на великих річках дощові паводки слабо виражені, але ж на малих – вони можуть бути катастрофічно високими. Озера та болота на водозборах перерозподіляють сезонний стік, збільшуючи його у меженний період.

Фізичні основи гідрологічних прогнозів стоку річок у межень витікають з загальних закономірностей формування стоку в цей період – повільного виснаження сезонних запасів води у річковому басейні та поверхневого припливу дощових (талих) вод. Точність та завчасність прогнозів знижується в умовах, коли дощова чи тала складові живлення річки у період межени доволі значні і можуть бути оцінені лише за довгостроковим синоптичним прогнозом.

*Теоретична основа прогнозів меженного стоку.* Формування стоку в меженний період відбувається за рахунок виснаження запасів ґрунтових вод і руслових запасів, які ще залишаються у річковій мережі, озерах та болотах після припинення подачі поверхневих тало-дощових вод весняного водопілля, а також стоку внаслідок незначних дощових опадів, що випадають у період межени.

Спад витрат води у часі за рахунок виснаження цих запасів води можна описати рівнянням вигляду [1, 2]

$$Q(t) = (Q_0 - q)exp(-\alpha t) + q, \quad (1)$$

де  $Q_0$  - витрата води в річці в початковий момент часу  $t_0$ , м<sup>3</sup>/с;  
 $q$  – базисна витрата, яка обумовлена глибоководним живленням, м<sup>3</sup>/с;  
 $t$  - час в добах від моменту часу  $t_0$ , на який приймається початкова витрата води  $Q_0$ ;  
 $\alpha$  – параметр, який є показником інтенсивності виснаження підземних вод.

Параметри  $\alpha$  і  $q$  залежать від гідрогеологічних умов і змінюються для різних за площею басейнів. Так, параметр  $\alpha$  зменшується зі збільшенням площ водозборів та змінюється з року в рік у зв'язку зі змінами запасів ґрунтових вод.

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.

Величина ґрунтового живлення  $Q_{Г}\Delta t$  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  $Q_0$ .

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.

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 також представити рівнянням:

$$Q\Delta t = Q_{Г}\Delta t + Q_{Д}\Delta t + W_{t_0}, \quad (2)$$

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 межени за наявності зимових відлиг дощова складова  $Q_{Д}\Delta t$  замінюється тало-дощовою  $Q_{ТД}\Delta t$  і рівняння має вигляд

$$Q\Delta t = Q_{Г}\Delta t + Q_{ТД}\Delta t + W_{t_0}. \quad (3)$$

На сьогодні з складових рівняння (2) і (3) 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.

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

Методичні основи довгострокових прогнозів меженного стоку витікають з закономірностей виснаження запасів води в річковому басейні. Закономірне зменшення підземного живлення під час меженного періоду обумовлює (при незначній долі поверхневого стоку) наявність кореляційного зв'язку між попередньою витратою води в момент часу  $t_0$  і витратою води в наступний період її зміни. Цю закономірність використовують для прогнозу меженного стоку чи середніх місячних витрат і рівнів води у річках.

Існують два підходи до розробки методики довгострокового прогнозу:

1) при вирішенні рівняння виснаження запасів води в річковому басейні;

2) при побудові емпіричних (статистичних) залежностей меженного стоку розглядуваного періоду (місяць, сезон, квартал) з врахуванням запасів води в річковому басейні та додаткового дощового живлення.

У теперішній час 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

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(W_t) \quad (4)$$

або

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(Q_t), \quad (5)$$

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.

В роботі [2] запропонований метод територіальних короткострокових прогнозів середньодекадних витрат води меженного стоку. За даними про витрати води (модулі стоку) (на дату випуску прогнозу та середні за декаду) для басейнів розглядуваних річок півдня України були обґрунтовані узагальнені регіональні залежності виду (5). Такі залежності побудовані в [2] для кожного місяця сезону формування низьких витрат води річок в басейнах річок. Дата випуску прогнозу  $t$  приймається 10, 20-

те, чи 30(31)-те число кожного місяця, період часу  $\Delta t$  становить одну календарну декаду, тобто 10 діб.

В прогностичному методі територіальних короткострокових прогнозів величин меженного стоку річок [2] пропонується для оцінки розмірів очікуваної межени у кожному році, представляти прогнозні величини витрат води на підставі карт модулів меженного стоку, 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. При цьому ймовірності перевищення прогнозних величин у багаторічному розрізі ( $P\%$ ) отримуються з графіків емпіричних розподілів середньомісячних витрат води, для кожної прогновної величини середньодекадних витрат води.

**Висновки.** Розглянуті в роботі методичні основи прогнозів меженного стоку витікають з закономірностей виснаження запасів води в річковому басейні й покладені в сучасні методи прогнозування низького стоку річок як в нашій країні, так й в оперативній практиці ВМО.

Картографічна форма випуску прогнозу в методі територіальних короткострокових прогнозів середньодекадних витрат води меженного стоку у вигляді карт ізоліній прогнозних середньодекадних модулів стоку надають можливість здійснювати просторовий моніторинг меженного стоку річок та його ймовірнісних оцінок у багаторічному розрізі.

Ймовірнісні характеристики меженного стоку дають змогу надавати оцінку можливого виникнення низького стоку у багаторічному періоді, майже при досягненні значень витрат води близьких до найменших витрат води за багаторічний період чи, навіть, екологічних витрат води.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Guide to hydrological practices. Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications. WMO-No. 168. Fifth edition. World Meteorological Organization, 1994. 770 p.

2. Екстремальні гідрологічні явища на річках Півдня України: розрахунки і прогнози : монографія / за ред. В.А. Овчарук, Ж.Р. Шакірманової. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2024. 674 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/13144/>