

УДК 556.[012+168]

**Гребінь В.В.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

**Василенко Є.В.**

*Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, м. Київ*

## **МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИДІЛЕННЯ ПІДЗЕМНОЇ СКЛАДОВОЇ У ЖИВЛЕННІ РІЧОК**

**Ключові слова:** *гідрограф, живлення підземне, постійне, внутрішньотрунтове*

**Вступ.** Водний режим річок України визначається їх живленням, що залежно від сезону року може бути сніговим, дощовим та підземним. Живлення часто має мішаний характер з переважанням того чи іншого виду. Так, у весняний період річки мають мішане живлення, що включає снігове, дощове та підземне; у меженний період (літньо-осінній та зимовий – переважно підземне живлення, в період дощових паводків – дощове та підземне.

Суттєві внутрішньорічні зміни складових водно-теплового балансу, обумовлені відповідними змінами температури повітря та опадів впродовж останніх двох десятиліть, призвели до певних змін структури живлення річок. Вивчення цих змін досі залишається поза увагою спеціалістів.

Найбільш важливим, з точки зору водогосподарських розрахунків лімітуючих періодів та сезонів є саме підземне живлення. Величина підземного стоку визначає собою такі елементи режиму річок, як мінімальний стік, внутрішньорічний розподіл стоку, явища пересихання річок та ін.

**Вихідні передумови.** У вирішенні питання стосовно кількісного визначення підземного живлення річок існує два основні напрямки – гідрологічне, засновником якого вважають Є.А.Гейнца (1903 р.) та гідрогеологічне, що виникло наприкінці 30-х років минулого століття та вперше описане у роботах Б.І. Куделіна [1].

**Гідрологічний** підхід до вирішення питання полягає у визначенні величини підземного живлення за даними про стік річок без кількісного врахування підземних вод, що надходять у річку з водоносних горизонтів, які дрениуються даною річкою. Такий підхід, безумовно, є спрощеним і не вирішує питання про динаміку надходження підземного стоку в річки. Однак його застосування є вимушеною мірою, і викликане відсутністю даних детальних спостережень стосовно режиму підземних вод.

Запропонований В.Г. Глушковим у 1928 році та розвинутий згодом рядом дослідників метод полягав у виділенні підземного стоку шляхом проведення прямої лінії або плавної кривої, що поєднувала останню зимову витрату та початкову витрату літньої межені. Дещо пізніше В.С.Советов запропонував розділяти підземне живлення на дві складові: глибокі підземні води та верховодку. Виділення глибоких підземних вод здійснюється шляхом побудови горизонтальної прямої, що проводиться на гідрографі через точку найменшої витрати. В подальшому цей метод зрізки підземного стоку без суттєвих змін приймався більшістю дослідників. Оскільки при цьому зрізка проводилася по прямій лінії або по пологій кривій від низьких зимових витрат до витрат літньої межені, то зміна положення точки максимуму підземного живлення мало змінювало питому вагу підземного стоку, який у всіх вказаних вище авторів в середньому становив 25-30% від річного.

Автори, що таким шляхом вирішували питання про величину підземного стоку (В.Г.Глушков, В.С.Советов, А.В.Огієвський, Б.В.Поляков, М.І.Львович та ін.), пропонували різноманітні методи поділу гідрографів, що відрізнялися, власне, лише прийомами виділення підземного живлення у весняний період. Методиці розчленування гідрографів за видами живлення присвячено дослідження Б.І. Куделіна та О.В. Попова. Роботи Попова О.В. по розчленуванню гідрографів стоку річок являються узагальненням та розвитком методів розчленування гідрографів, запропонованих Ф.А. Макаренком, К.П. Воскресенським, А.Н. Бефані та Б.І. Куделіним.

Другий напрям – *гідрогеологічний* – ставить за мету визначення величини підземного притоку в річки для будь-якого моменту часу на підставі побудови гідрографа підземного притоку. Дослідження С.М.Боголюбова, що визначав співвідношення поверхневого та підземного стоку для водотоків з різними площами та глибиною врізу русла за даними матеріалів спостережень водно-балансових станцій, показали наступне: величина поверхневого живлення водотоків, що мають достатньо глибокий вріз русла, відповідний рівню місцевих базисів ерозії, не перевищує 40-50%. Відповідно, підземне живлення складає 50-60%, зростаючи в районах з водопроникними ґрунтами до 70-80% [1].

Звичайно, визначення підземного живлення в даному випадку є більш надійним та точним. Однак подібні дослідження можливі лише за умови детального вивчення режиму підземного стоку з усіх водоносних горизонтів, що приймають участь у живленні річки. Для цього потрібні спеціальні спостереження на широкій мережі свердловин. При масових дослідженнях такий підхід є неможливим, тому питання кількісного визначення підземного живлення вирішується, переважно, гідрологічним способом.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є подальший розвиток гідрологічного підходу щодо визначення величини підземного живлення, зокрема, порівняння існуючих методів виділення величин постійного підземного та внутрішньогрунтового стоку та їх апробація на прикладі річок басейну Дніпра.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Найпоширенішим прийомом гідрологічного визначення видів живлення є поділ гідрографа на частини, що характеризують поверхневий та підземний стік. Форма гідрографа будь-якої рівнинної річки в період формування весняного водопілля або дощового паводка фактично відображає три основні види стоку води в русло річки, які відрізняються ступінню зарегульованості поверхневого та підземного живлення:

- поверхневий схиловий стік відрізняється найменшою природною зарегульованістю, унаслідок чого при його надходженні в русло виникає інтенсивне підвищення витрат води, що характеризується на гідрографі ділянками підйому;
- підземний стік із основних водоносних горизонтів водозбору, який формує постійне підземне живлення річки, відповідає нижній похилій ділянці кривої спаду;
- практично кожен гідрограф має перехідну ділянку на кривій спаду, яка характеризує проміжний (внутрішньогрунтовий) стік, із зарегульованістю більшою за поверхневий і меншою за підземний стік. Він може формуватися за рахунок схилового стоку при його поверхневому затриманні у пониженнях мікрорельєфу і в лісовій підстилці, а також за рахунок ґрунтового стоку і верховодки. Проміжний стік важко виділити на гідрографі, тому його об'єднують з поверхневим стоком.

Таким чином, розчленування гідрографа стоку полягає у виділенні на ньому підземної складової, динаміка якої визначається ступінню гідравлічного зв'язку руслових та підземних вод.

На думку Д.Л.Соколовського [1], причиною розбіжностей в оцінюванні ролі підземного живлення в річному стоці є різний підхід щодо оцінки внутрішньогрунтових вод, які одні дослідники відносять до поверхневого стоку, виділяючи лише більш глибокі підземні води, а інші – за характером стікання – до внутрішньогрунтового стоку. Останній, на їх думку, складає підповерхневу частину підземного стоку.

Для правильного розуміння структури та компоновки поверхневого та підземного стоку останню точку зору слід вважати такою, що краще відповідає природі явища. Враховуючи, що живлення річок здійснюється, головним чином, за рахунок підземних вод зони інтенсивного водообміну (значну частину яких становлять внутрішньогрунтові води, а також ґрунтові води першого водоносного горизонту, пов'язані з денною поверхнею), уявляється доцільним цю частину підземного живлення річок виділити як верхній внутрішньогрунтовий стік. Іншу частину підземних вод зони інтенсивного водообміну становлять ґрунтові води, що дреноються річкою разом з частиною напірних вод. Ця частина підземного стоку, що виділяється на гідрографах горизонтальними або близькими до них лініями, складає глибокий (постійний) підземний стік. Він має найбільш важливе значення з точки зору оцінки постійних запасів підземних вод та враховується при складанні карт ізоліній підземного стоку.

Враховуючи дослідження структури річкового стоку, проведені на мережі водно-балансових станцій, Д.Л.Соколовський представив розподіл стоку рівнинних річок Східно-Європейської рівнини за джерелами живлення наступним чином (табл. 1).

Таблиця 1. Розподіл стоку річок Східно-Європейської рівнини (в %) за джерелами живлення [1]

Природна зона	Поверхнєве живлення			Підземне живлення		
	снігове	дощове	разом	внутрішньо ґрунтове	постійне підземне	разом
Лісова	30-35	10-20	40-55	20-25	25-35	45-60
Лісостепова	35-50	10-15	45-65	15-25	20-30	35-55
Степова	60-70	0-10	60-80	10-20	10-20	20-40

Достатньо детальний, на перший погляд, метод поділу гідрографів має свої недоліки, оскільки залишає значні можливості для проявів індивідуального підходу до визначення підземного стоку. Тому частина гідрологів є прихильниками визначення підземного живлення річок на підставі даних про мінімальні витрати, що спостерігаються у тривалі періоди без ефективних опадів. Однак в даному випадку виникає запитання – які саме мінімальні витрати слід розглядати як такі, що характеризують собою величину підземного живлення?

У працях Г.О.Чіппінг та К.А.Лисенко в якості осередненої характеристики підземного живлення річок України було запропоновано приймати величини, середні із найменших місячних витрат окремих років. На основі проведених досліджень Г.О.Чіппінг [2], виділено в межах рівнинної частини країни 9 районів в межах яких спостерігаються близькі умови підземного живлення та встановлені кількісні характеристики підземного живлення. За даними автора, частка підземного живлення в сумарному річному стоці змінюється по території України в широких межах – від 50% на заході країни до 0% на крайньому півдні; для більшої частини країни підземний стік складає 10-20% від сумарного.

Зазначена методика отримала розвиток у дослідженнях водного балансу річкових водозборів, що виконувались у 80-90-х роках минулого століття М.Г.та О.М.Галущенко [3] в ході розрахунків величини підземного стоку річок України. На початку поточного століття її також використовував І.М.Ромась при вивченні умов формування та розрахунках мінімального стоку річок басейну Дніпра [4]. За їх даними, частка підземного стоку річок басейну Дніпра (в межах України) змінюється від 30-45% у закарстованих верхів'ях Стирі та Горині та 25-30% - в басейнах Убіді, Сейма та Снова до 0,3-5% - в межах степової частини басейну. Розрахунками авторів встановлено, що у маловодні роки частка підземної складової стоку річок в середньому по басейну Дніпра дорівнює 46% сумарного стоку, що майже в 3 рази перевищує її середню багаторічну величину.

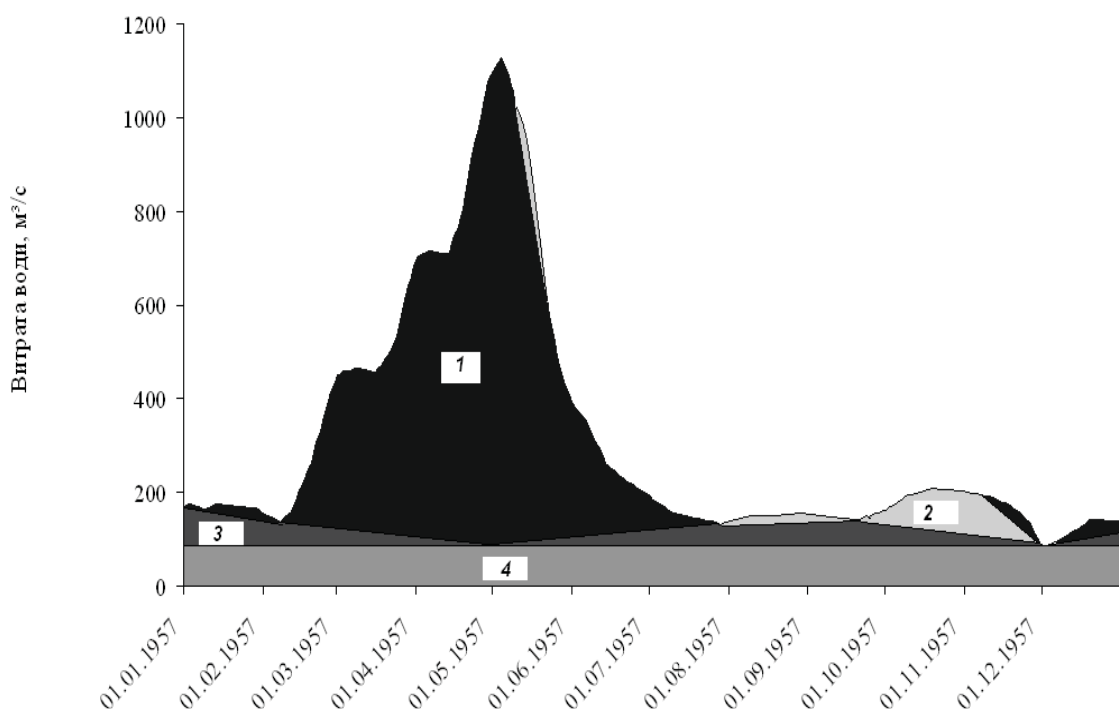
За даними С.С.Левківського [5], рівнинні річки живляться переважно (50-80%) талими сніговими водами, гірські річки – дощовими. Підземне

живлення для річок більшої частини території країни становить 10-20% і тільки для річок окремих районів досягає 50%. В гірських районах зі зростанням абсолютної висоти збільшується частка снігового та дощового живлення та зменшується частка підземного.

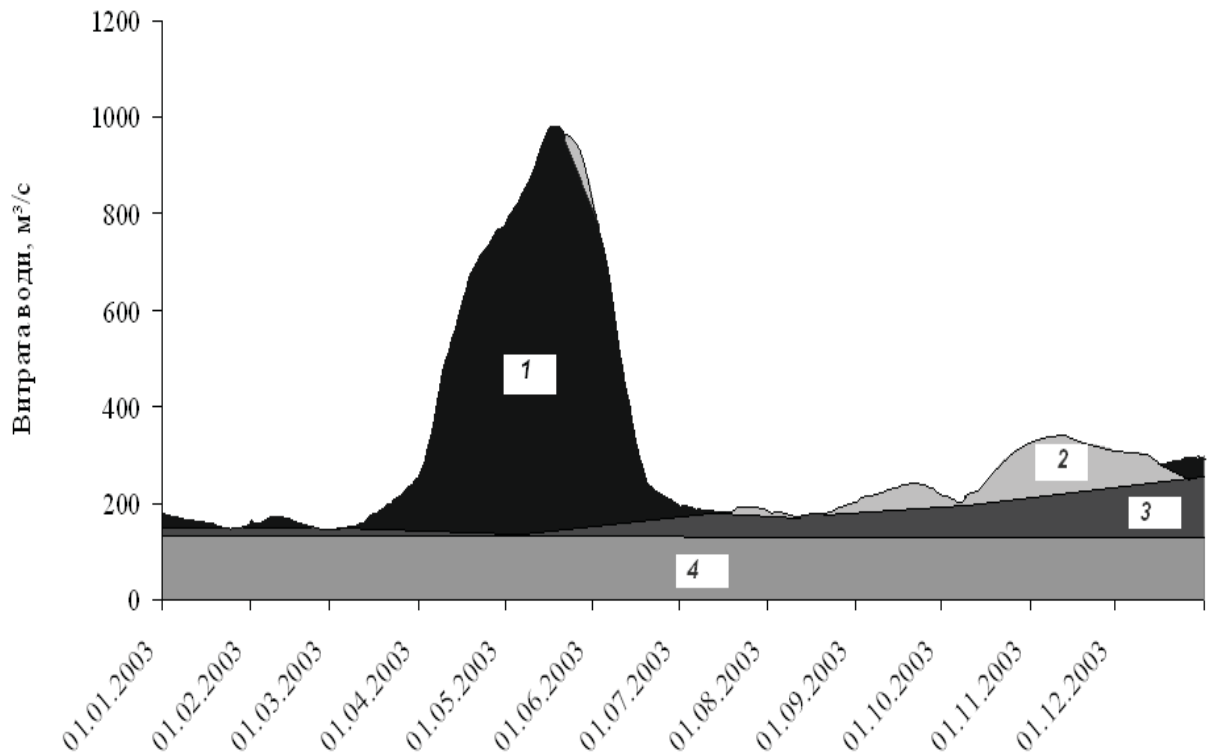
В рамках досліджень сучасних змін живлення річок басейну Дніпра нами було проведено порівняльний аналіз результатів, отриманих із застосуванням обох методів визначення величини підземного стоку. Для семи постів, розташованих у різних частинах басейну, нами за два характерні періоди: до 1989 року та після, було обрано рівнозабезпечені роки характерної водності, а саме: багатоводні, забезпеченістю 25%; середні за водністю, забезпеченістю 50%; маловодні, що мають забезпеченість 75%. Для кожної величини забезпеченості було взято по три роки. Всього було побудовано понад 120 гідрографів, подальше розчленування яких здійснено за методикою О.В.Попова [6].

В якості прикладу на рис.1 та 2 наведено гідрографи стоку р. Десна в створі гідропоста Чернігів за роки однакової забезпеченості (близької до 50%), що відносяться до першого (1957 рік) та другого (2003 рік) характерних періодів. Гідрографи побудовано в однаковому масштабі.

Аналіз гідрографів підтверджує висновки щодо внутрішньорічного перерозподілу стоку, що наведені вище. Для визначення причин перерозподілу проведено поділ гідрографів за генетичними ознаками, що дало змогу визначити частку окремих видів живлення (табл.2).



**Рис. 1. Гідрограф стоку р.Десна – г/п Чернігів за 1957 рік  
(1 – снігове живлення; 2 – дощове живлення; 3 – внутрішньогрунтове живлення; 4- постійне підземне живлення)**



**Рис. 2. Гідрограф стоку р. Десна – г/п Чернігів за 2003 рік  
(1 – снігове живлення; 2 – дощове живлення; 3 – внутрішньогрунтове живлення; 4- постійне підземне живлення)**

**Таблиця 2. Частка окремих видів живлення р.Десна – г/п Чернігів для років 50% забезпеченості двох характерних періодів**

Рік	Живлення:			
	снігове	дощове	внутрішньо грунтове	постійне підземне
1957	66,0	4,0	9,0	21,0
2003	40,0	3,0	13,0	44,0

Оскільки для розчленування гідрографів за видами живлення використано метод О.В.Попова, то отримані результати щодо частки підземного стоку річок басейну Дніпра стосуються лише постійного підземного живлення. З метою порівняння методу визначення окремих видів живлення шляхом поділу гідрографа стоку О.В.Попова та методу визначення величини підземного живлення методом Г.О.Чіппінг, нами було визначено величину підземного живлення за мінімальною середньобаторічною витратою для кожного з двох репрезентативних періодів. У таблиці 3 наведено результати розрахунків.

Різниця отриманих за різними методами за певний період результатів в середньому по басейну становить від 0,2 до 1,5%, коливаючись для окремих річок від 2,5 до 7,5%. Застосування для поділу гідрографа стоку метода Б.В.Полякова дає змогу визначити величину внутрішньогрунтового (верховодно-алювіального – за Б.В.Поляковим) живлення. Застосовуючи даний метод для аналізу побудованих нами гідрографів річок басейну Дніпра та порівнюючи отримані дані з результатами розрахунків внутрішньорічного

розподілу стоку згаданих річок, ми прийшли до висновку, що величина мінімальної середньомісячної витрати за певний багаторічний період відповідає величині повного (внутрішньогрунтового разом з постійним) підземного живлення даної річки.

Таблиця 3. Частка постійного підземного живлення за два характерні періоди (I-до 1989 р.; II- 1989-2008 рр.) для окремих річок басейну Дніпра

Річка-пост	Метод О.В.Попова		Метод Г.О.Чіппінг	
	I	II	I	II
р.Горинь-с.Оженін	31,0	54,2	32,1	56,8
р.Случ-м.Сарни	24,6	35,5	23,0	33,6
р.Снов-м.Щорс	26,3	29,9	26,8	32,1
р.Рось-м.Корсунь-Шевченківський	16,5	44,0	15,8	41,4
р.Псел-м.Суми	36,3	55,8	37,9	56,9
р.Сула-м.Лубни	27,3	27,8	26,8	24,5
р.Самара-с.Кочеріжки	15,5	22,2	17,3	21,5
Середнє по басейну	25,4	38,6	25,6	38,1

**Висновки.** У вирішенні питання стосовно кількісного визначення підземного живлення річок існує два основні напрямки – гідрологічне та гідрогеологічне. Питання вирішується, переважно, гідрологічним способом, що викликане відсутністю даних детальних спостережень стосовно режиму підземних вод. Найпоширенішим методом гідрологічного визначення видів живлення є поділ гідрографа на частини, що характеризують поверхневий та підземний стік, однак він залишає значні можливості для проявів індивідуального підходу до визначення підземного стоку. Частина гідрологів є прихильниками визначення підземного живлення річок на підставі даних про мінімальні витрати, що спостерігаються у тривалі періоди без ефективних опадів.

Проведене нами порівняння обох методів дає підставу стверджувати, що величина мінімальної середньомісячної витрати за певний багаторічний період відповідає величині повного (внутрішньогрунтового разом з постійним) підземного живлення даної річки. Мінімальна річна витрата води, осереднена за той же період, відповідає лише величині постійного підземного живлення за рахунок основних водоносних горизонтів водозбору

Отже, враховуючи трудомісткість та певну суб'єктивність методів поділу гідрографів стоку, пропонуємо визначати повний та постійний (глибоководний) підземний стік даної річки, відповідно, за величинами мінімального середньомісячного та мінімального річного стоку за багаторічний період.

## Список літератури

1. Соколовский Д.Л. Речной сток (основы теории и методики расчетов) / Д.Л. Соколовский. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. - 540 с.; 2. Гідрологічні розрахунки для річок України / Відп. ред. Г.І.Швець. – К. : Вид-во АН УРСР, 1962. - 262 с.; 3. Галущенко М.Г. Умови формування та розрахунки мінімального стоку річок басейну Дніпра (в межах України) / М.Г. Галущенко, І.М. Ромась // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 289-295; 4. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / [В.К. Хільчевський, І.М. Ромась, М.І. Ромась та ін.] ; За ред. В.К.Хільчевського. - К. : Ніка-Центр, 2007. - 184 с.; 5. Левковский С.С. Водные ресурсы Украины / С.С.Левковский. - К. : Вища школа, 1979. - 100 с.; 6. Попов О.В. Подземное питание рек / О.В. Попов. - Л. : Гидрометеиздат, 1968. - 292 с.

### **Методичні аспекти виділення підземної складової у живленні річок**

**Гребін В.В., Василенко Є.В.**

*Досліджено головні методи гідрологічного напрямку кількісного визначення підземного живлення річок. Здійснено порівняльний аналіз методів визначення. Запропоновано способи визначення повного та постійного підземного живлення.*

**Ключові слова:** *гідрограф, живлення підземне, постійне, внутрішньогрунтове.*

### **Методические аспекты выделения подземной составляющей в питании рек**

**Гребень В.В., Василенко Е.В.**

*Исследованы главные методы гидрологического направления количественного определения подземного питания рек. Проведен сравнительный анализ методов определения. Предложены способы определения полного и постоянного подземного питания.*

**Ключевые слова:** *гидрограф, питание подземное, постоянное, внутригрунтовое.*

### **Methodological aspects of the selection underground constituent in the nourishment of the rivers**

**Grebin V.V., Vasylenko E.V.**

*The main methods of hydrological direction of the quantitative determination of underground constituent in the nourishment of the rivers were investigated. The comparative analysis of methods of determination has been done. The ways of determining the full and permanent underground nourishment have been proposed.*

**Keywords:** *hydrograph, underground, permanent, internally soil nourishment.*

**Надійшла до редколегії 18.06.10**