

УДК 911.2:502

Харченко В. В.

Національний університет харчових технологій

**МОЖЛИВОСТІ ЛАНДШАФТОЗНАВЧОГО ВДОСКОНАЛЕННЯ РІВНЯННЯ
ПЕНКА – ОППОКІВА (НА ПРИКЛАДІ ЛАНДШАФТІВ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ)**

Ключові слова: водні ресурси, рівняння водного балансу, рівняння Пенка – Оппоківа, ландшафтознавче вдосконалення метод водного балансу, випаровування, поверхневий стік, зміни запасів вологи, біотичний компонент

Постановка проблеми. Основним методом дослідження процесів формування водного режиму є метод водного балансу. У найзагальнішому вигляді означений метод ґрунтується на певній рівності: «для будь-якого об'єму простору, обмеженого певною довільною поверхнею, кількість води, що потрапила всередину цього об'єму, із відрахуванням кількості води, яка вийшла назовні, має дорівнювати збільшенню (чи відповідно зменшенню) кількості її всередині даного об'єму» [17, С. 196].

Наведене твердження вірогідне для будь-якого проміжку часу і для будь-якого замкненого простору. Тому метод водного балансу набув великого значення для гідрології. Використання такого методу дало змогу вирішити багато теоретичних і прикладних завдань гідрологічної науки. Зокрема – можливість укласти *загальне рівняння водного балансу для річкового басейну*.

Уточнення рівняння водного балансу є одним із важливих наукових результатів гідрологічних досліджень видатного українського науковця Євгена Оппоківа. Рівняння водного балансу було уточнене введенням у нього додаткового члена $\pm DW$ – зміна запасів вологи в басейні [2]. Таке рівняння набуло загального визнання і стало відомим у науці як *рівняння Пенка – Оппоківа* [20].

Мета статті. З'ясування можливостей ландшафтознавчого вдосконалення рівняння водного балансу Пенка – Оппоківа, зокрема – врахування впливу біотичного компоненту ландшафтів як акумулятора вологи.

Напрацювання академіка Є. В. Оппоківа. Ім'я Євгена Володимировича Оппоківа широко відоме за кордоном і незаслужено було забуте на рідній землі.

Академік АН України, академік ВАСГНІЛ Є. В. Оппоків (1869–1937) був основоположником гідрології в Україні. Його праці мають великий науковий і практичний інтерес і в наш час. Наукова діяльність Оппоківа пов'язана з гідрологічними дослідженнями Волині, Чернігівщини і Полтавщини. Він працював над проблемами щодо меліорації Полісся, водопостачання Донбасу. Основні праці академіка Оппоківа присвячені водності й стоку річок, нагромадженню і витратам вологи в річкових басейнах, використанню водних ресурсів, осушенню боліт [19]. Він вивчав також режим підземних вод, водні ресурси України, процеси утворення річкових долин, проведення гідрометричних робіт на річках тощо [2].

Євген Оппоків як фахівець досить рано стає знаним серед науковців. За поданням академіка М. О. Рикачова, 1908 року Російська АН удостоює його Премії імені Д. А. Толстого. Премія була присуджена Є. Оппоківу за напрацювання, викладені у його монографії «Режим річкового стоку в басейні Верхнього Дніпра». 1915 року, за поданням професора О. І. Воєйкова, вченого нагородили Великою золотою медаллю імені Ф. П. Літке, встановленою 1873 року Російським географічним товариством на честь російського дослідника Арктики, географа, мореплавця, президента Петербурзької АН Федора Літке [19].

10 січня 1903 року Є. Оппоківа обрано членом комісії з ґрунтів Вільного економічного товариства. Визнанням заслуг перед наукою стало обрання

Є. Оппоківа в 1903 році кореспондентом Головної фізичної обсерваторії. А 7 травня того ж року він став членом Російського географічного товариства.

У 1929 р. вченого обирають академіком АН УРСР, а 1935 р. – академіком ВАСГНІЛ.

Євген Оппоків – автор понад 400 наукових праць із гідрології. Під керівництвом академіка провадилися гідрологічні дослідження в зв'язку з будівництвом Дніпрогесу. Він брав участь в роботі Комісії з електрифікації України [20].

За його ініціативою в Києві у 1926 році був створений Науково-дослідний інститут водного господарства, який Є. Оппоків очолював до кінця життя [2].

Найважливішими науковими працями Є. В. Оппоківа є: «Речные долины Полтавской губернии» (1901), «Режим речного стока в бассейне Верхнего Днепра и его составных частях в период 1876-1908 гг.» ч. 1-2 (1904-1914), «Водные богатства Украины» (1925), «Сільськогосподарська гідротехніка» (1925), «Проблеми Великого Дніпра» в книзі «Водне господарство України» (1932) [21]. Лише у 1922–1937 роках Є. В. Оппоків опублікував близько 150 наукових праць. До них належить зокрема низка настанов, посібників і підручників, що написані й опубліковані автором українською мовою: «Осушення земель» (1930 і 1932 рр.), «Торф'яні машини» (1932 р.) [14] та ін.

Праця Є. В. Оппоківа принесла йому повагу й визнання колег. Але також – і певне коло недоброзичливців і відвертих чи таємних ворогів. Готуючись у 1928 році у відрядження до Німеччини з метою придбання великої кількості періодичної літератури та фундаментальних праць з гідрології, гідротехніки, меліорації й геофізики, Оппоків звернувся до сусіда-німця Прибе по пораду щодо переведення власних грошей у німецькі марки або отримання кредиту Берлінського банку. Той допоміг, але означена допомога в 1937 році коштувала Оппоківу життя [14].

Через підготовлений недоброзичливцями наклепницький донос [12] і звинувачення у німецькому та польському шпигунстві 4 листопада 1937 року Оппоківа арештували. 11 листопада 1937 року Євген Оппоків був розстріляний у Києві через тиждень після винесення вироку. А місцем поховання став ліс біля селища Биківня під Києвом [20].

Наукові праці академіка Оппоківа були вилучені з бібліотек, а його ім'я було занесено до списку осіб, яких треба забути.

Рівняння водного балансу Пенка – Оппоківа. Водний баланс – це співвідношення надходження та витрати води з урахуванням зміни її запасів протягом певного проміжку часу для певного об'єкта.

Рівняння водного балансу – це математичний вираз, що характеризує водний баланс. Складники водного балансу визначають надходження, витрати і зміни запасів води.

Впродовж 32 років Оппоків проводив спостереження в басейні Дніпра, встановив факт накопичення та витрати ґрунтової вологи в балансі води в річках. Він уточнив рівняння кругообігу вологи в річкових басейнах. Рівняння водного балансу ввів у 1896 році німецький дослідник – геолог і географ – А. Пенк у роботі «Дослідження випаровування і стоку з річкових басейнів».

Оппоків уточнив рівняння кругообігу води в басейнах річок в окремі роки введенням додаткового складника, що враховує «прибуття» і «витрату» вологи в ґрунті: «атмосферні опади дорівнюють річковому стоку плюс витрати на випаровування, плюс накопичення вологи в ґрунті, мінус витрати її при осушенні ґрунтів. Саме це рівняння в теорії гідрології і носить назву «рівняння Пенка – Оппоківа» [19, с. 9]. Тож рівняння водного балансу річки має такий вигляд [9, 2]:

$$x = y + z \pm Du \quad (1)$$

де x – середня річна кількість опадів у вигляді дощу, снігу, інею чи роси; y – середня багаторічна величина річкового стоку; z – частина опадів, що витрачається на випаровування з поверхні басейну і транспірацію; $\pm Du$ – зміна запасів вологи в басейні за проміжок часу (позитивна – при збільшенні запасів води, від’ємна – при їх зменшенні).

Розширене і складніше вираження має рівняння водного балансу для невеликих річкових басейнів. У таких рівняннях враховується не лише випаровування, а й конденсація водяної пари. Також враховується підземний притік і стік води. Розширене рівняння має такий вигляд [2]:

$$x + y_1 + \psi_1 + z_1 = y_2 + \psi_2 + z_2 \pm Du \quad (2)$$

де x – опади (дощ і сніг); y_1 – поверхневий притік з-за меж басейну; ψ_1 – підземний притік з-за меж басейну; z_1 – конденсація водяної пари; y_2 – поверхневий стік за межі басейну; ψ_2 – підземний стік за межі басейну; z_2 – випаровування з поверхні басейну; $\pm Du$ – зміна запасів води в басейні за проміжок часу (позитивна – за збільшенням запасів води, від’ємна – за їх зменшенням).

Коефіцієнт $\pm Du$ у працях академіка Оппоківа і пізніших авторів розуміється як ґрунтові, підґрунтові та інші підземні води в басейні, які являють собою «підземне водосховище, що регулює стік річок у меженні періоди», а тому «очевидно, що це водосховище буде наповнюватися в багатоводні і спрацьовуватися у маловодні роки» [9, с. 53].

Аналізуючи рівняння водного балансу річки ландшафтознавчо, можна побачити, що у ньому враховано вплив на стік більшості геокомпонентів: твердих мас земної кори, повітряних мас атмосфери, поверхневих і підземних вод, ґрунтів. Але зовсім не враховано вплив біоти як акумулятора вологи. Зокрема – у зміні запасів вологи в басейні.

Води біотичного компоненту лісових геокомплексів річкового басейну.

Живі організми складаються головним чином із води. Вода займає в середньому близько 80 % об’єму клітини багатоклітинного живого організму [8]. Тож вони можуть накопичувати і повертати у довкілля певний об’єм вологи (позначимо його Db – *biota*). З’ясування величини означених об’ємів води і доцільність їх врахування у рівнянні водного балансу річкового басейну потребує опрацювання.

Визначення кількості води, яку накопичує і витрачає природна біота, доцільно здійснювати на прикладі лісових ландшафтів. Це зумовлено тим, що ліси мають найбільшу біомасу. Вона становить від 350-700 і навіть 1000 *т/га* в тропічних лісах до 400-500 *т/га* в широколистяних лісах і 350-400 *т/га* у хвойних лісах тайги [8].

Спростити розрахування можна, якщо визначати вміст води лише у рослинному компоненті. Таке спрощення цілком виправдане, оскільки фітомаса суші набагато перевищує зоомасу. Зоомаса в широколистяних лісах може досягати лише 1 *т/га* – тобто близько 0,2 % біомаси. Причому, це – найвищий показник поміж усіх біомів суходолу [8].

Складаючи водний баланс за рік, не варто рахувати вміст води у листі та хвої. Період їх життя досить короткий. Листя широколистяних дерев помірного поясу опадає щороку, а хвоя сосни звичайної живе лише 2 роки [1]. Волога із листя і хвої після їх опадання випаровується чи просочується в ґрунт. А органічні складові опаду повністю розкладаються в листяних лісах помірної зони за 2-4 роки [8].

Найбільше значення має визначення кількості води, що вміщується у стовбурах дерев. Близько 55-90 % об'єму листяних дерев і 65-77 % – сосни припадає на стовбур [6].

Середній вміст вологи свіжозрубаного дерева становить 70% [3]. Знаючи щорічний приріст деревини, можна порахувати, яка кількість води накопичується лісовими рослинами. Такі розрахунки можна провести на основі даних щодо продуктивності лісостанів Боярського природно-господарського підрайону, що знаходиться в межах Київського Полісся.

Продуктивність лісостанів являє собою середній річний приріст деревини. Для лісових ландшафтів Боярського підрайону означена продуктивність становить в середньому $6,5 \text{ м}^3/\text{га}$ [13], а запас деревини дорівнює $359 \text{ м}^3/\text{га}$ [4].

Наведені $6,5 \text{ м}^3$ свіжого дерева при вологості у 70 % містять у собі відповідно $4,55 \text{ м}^3$ води.

$$Db = 6,5 \text{ м}^3 \cdot 0,7 = 4,55 \text{ м}^3.$$

Тобто щороку в межах 1 га лісового ландшафту Боярського підрайону дерева поглинають і накопичують у собі лише близько 0,46 мм вологи. Це число у 1000-1200 разів менше показника сумарного випаровування, розрахованого для Українського Полісся [16].

Певна неврахована частина води міститься у корінні й гілках (без листя і хвої): у сосни на коріння припадає 15-25 % обсягу дерева, а на гілки – 8-10 % [6]. Але вона значною мірою компенсується частиною вологи, що повертається у кругообіг із відмерлими деревами і їх частинами. Без такого повернення за 80-100 років росту лісу до стану стиглості запас деревини становив би 520-650, а не $359 \text{ м}^3/\text{га}$. Для розрахунків прийнято вік 80-100 років як середній. Сонові лісостани I класу бонітету досягають стиглості у віці 60-120 років [7].

Тож, зважаючи на реальний запас деревини, за означені 80-100 років росту ліс реально накопичуватиме приблизно по $2,5\text{-}3,1 \text{ м}^3/\text{га}$ води за рік:

$$Db = \frac{359 \text{ м}^3 / \text{га} \cdot 0,7}{80 \text{ років}} \approx 3,1 \text{ м}^3/\text{га за рік},$$

$$Db = \frac{359 \text{ м}^3 / \text{га} \cdot 0,7}{100 \text{ років}} \approx 2,5 \text{ м}^3/\text{га за рік}.$$

Отримані числа надто малі, щоб враховувати їх у рівнянні водного балансу. Ще меншими будуть показники накопичення вологи лісовою біотою, розраховані на основі даних, узагальнених для всієї території України. Зокрема середній річний приріст деревини у соснових лісостанах України становить лише $4,0 \text{ м}^3/\text{га}$, а запас деревини – $196 \text{ м}^3/\text{га}$ [4].

Тож дані щодо накопичення вологи у живих організмах умовно природних ландшафтів не можуть бути включені до рівняння водного балансу. Якщо члени рівняння менші 0,5 мм, то вони – не враховуються [5].

Але більша частина території України зайнята не лісовими землями, а агроландшафтами. Вміст води у аграрній продукції і біопродуктивність сільськогосподарських культур, а отже – обсяги накопичення води в таких рослинах, істотно відрізняються від лісової біоти.

Найбільше води поміж сільськогосподарських рослин містять у собі коренеплоди, овочі і фрукти. Найпоширенішими із таких культур в Україні загалом і на Поліссі зокрема є картопля і цукровий буряк, капуста, яблука.

Середня урожайність цукрових буряків в Україні у 2013 році становила $397,4 \text{ ц}/\text{га}$, картоплі – $159,7$ [24]. Близько 75-80 % загальної маси коренеплоду цукрового буряка становить вода [15], картоплі – 77,8 % [22]. Таким чином цукрові

буряки накопичують у собі 30-32 м³/га води, що становить 3,0-3,2 мм. Картопля утримує більше 12,5 м³/га води, тобто – приблизно 1,3 мм.

Серед овочевих культур одне з провідних місць і за площами вирощування, і за валовим збором урожаю належить капусті. Урожайність капусти білоголової в Україні – близько 700-800 ц/га [10], а вміст води у плоді – 92 % [23]. Тож капуста може накопичувати й утримувати на 1 га басейну 64-74 м³ води, що дорівнює шару води більше 6-7 мм.

Найпоширеніший фрукт України за обсягами урожаю – яблуко. Типовими нормами урожайності яблук в садах України є показник 200 ц/га (у перспективі в інтенсивних садах голландського типу зі схемою 1 х 4 ми можемо збирати 1000-1500 ц/га) [11]. 84 % маси яблука припадає на воду [23]. Отже, яблука накопичують близько 17 м³ води на гектар площі річкового басейну, що становить шар води в 1,7 мм. За вказаної інтенсифікації виробництва такі показники можуть перевищувати 125 м³/га води і 12,5 мм відповідно. Шар води, потужністю 12,5 мм – це більше ніж половина середнього багаторічного шару підземного стоку річок України [18].

Біота агроландшафтів, як видно з наведених розрахунків, може накопичувати й утримувати досить значні обсяги води. Шар такої вологи істотно перевищує 0,5 мм. Це формально означає необхідність врахування таких накопичень води у рівнянні водного балансу річкового басейну, в межах якого поширені рослинницькі сільськогосподарські угіддя.

Але питання щодо доцільності такого врахування потребує подальших досліджень. Особливо – стосовно рівнянь водного балансу, що охоплюють період цілого року. Необхідно враховувати також особливості переробки і споживання сільськогосподарських культур. Так, цукрові буряки переробляються поблизу місцезростань. Тому майже вся вода, що накопичена в буряках, потрапляє у вигляді стоків до місцевих річок або випаровується. Стік і випаровування у рівнянні водного балансу враховані.

Волога, накопичена в межах певних річкових басейнів у деяких агропродуктах, може потрапляти і до басейнів інших річок. Наприклад, вода яблук, вивезена із басейну зі свіжими плодами, соком та іншою продукцією. Але необхідно враховувати, що такі втрати води можуть компенсуватися вологою, ввезеною до такого басейну в складі доставленої с/г продукції з інших басейнів.

Висновки. У рівнянні Пенка – Оппоківа враховано вплив на стік більшості геокомпонентів: твердих мас земної кори, повітряних мас атмосфери, поверхневих і підземних вод, ґрунтів. Проте зовсім не враховано вплив біоти, зокрема – у зміні запасів вологи в басейні річки. Але, оскільки навіть найбагатші лісостани в Україні можуть накопичувати у деревині кількість води, шар якої менший 0,5 мм на 1 га лісового угіддя, то такі накопичення вологи у живих організмах умовно природних ландшафтів не можуть бути включені до рівняння водного балансу. Питання щодо доцільності врахування у рівнянні водного балансу річки вологи, що накопичується у сільськогосподарських рослинах, – потребує подальших досліджень.

Список літератури

1. Деревя України. Оповіді про дерева. Сосна [Електронний ресурс] – Режим доступу : www.dereva.at.ua/publ/enciklopedija_derev/khvojni_dereva/sosna/4-1-0-18 – Назва з екрану.
2. Клименко В. Г. Загальна гідрологія : навч. посібник / В. Г. Клименко. – Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2008. – 144 с.
3. Копейко О. П. Дары нашего леса / О. П. Копейко. – М. : У-Фактория, 2000. – 496 с.
4. Кочерга М. М. Екологічні особливості підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісів Полісся та Лісостепу Київщини : автореф. дис. на здобуття вч. ступеня канд. с.-г. наук / М. М. Кочерга ; Ін-т агроєкології УААН. – К., 2007. – 19 с.
5. Лучшева А. А. Практическая гидрология / А. А. Лучшева. – Л. : Гидрометеоиздат,

1976. – 440 с. **6.** *Перельгин Л. М.* Древесиноведение / Л.М. Перельгин ; [перераб. и доп. Б. Н. Уголевым]. – М. : Лесная промышленность, 1969. – 316 с. **7.** Зміна віку стиглості деревостану – шлях оптимізації вікової структури лісів і розміру лісокористування / Полякова Л. В., Кирилюк С. Л., Сторожук В. Ф. та ін. // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2002. – Вип. 101. Спецвипуск : Вік стиглості деревостанів – проблеми і перспективи. – С. 98–104. **8.** *Потіш Л. А.* Екологія : навч. посібник для вищої школи / Л. А. Потіш. – К. : Знання, 2008. – 272 с. **9.** *Соколовский Д. Л.* Речной сток / Д. Л. Соколовский. – Л. : Гидрометеиздат, 1952. – 492 с. **10.** *Барабаш О. Ю.* Управление ростом и развитием во время ухода за овощными культурами [Електронний ресурс] / Барабаш О. Ю., Сыч З. Д., Носко В. Л. // Уход за овощными культурами – Режим доступу: www.agromage.com/stat_id – Назва з екрану. **11.** Урожай яблук [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.plodozagidnyk.zo.net.ua/?p=118 – Назва з екрану. **12.** *Філіпович Є.* Євгеній Володимирович Оппоков / Єва Філіпович // Трибуна студента. – 2009. – № 2. – С. 113. **13.** *Харченко В. В.* Боярські ландшафти. Проблеми доквілля, методи оцінювання, потенціали землекористування / В. В. Харченко ; [наук. ред. В. М. Пащенко]. – Ніжин : Аспект-Поліграф, 2008. – 172 с. **14.** Хільчевський В. К., Лук'янець О. І. Оппоков Євген Володимирович. До 75-х роковин від дня страти [Електронний ресурс] / В. К. Хільчевський, О. І. Лук'янець – Режим доступу: www.kpi.ua/orpokov – Назва з екрану. **15.** Цукрові буряки [Електронний ресурс] – Режим доступу: / <http://buklib.net/books/30314/> – Назва з екрану. **16.** *Цупенко М. Ф.* Клімат України і врожай / М. Ф. Цупенко. – К. : Урожай, 1975. – 52 с. **17.** *Чеботарев А. И.* Гидрология суши и речной сток / А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометеиздат, 1950. – 344 с. **18.** Шар стоку // Географічна енциклопедія України : в 3-х т. / Редкол. : О. М. Маринич (відпов. ред.) та ін. – К. : Укр. енцикл., 1993. – Т. 3. – С. 398. **19.** *Шендеровський В.* Знавець українських річок / В. Шендеровський // Свобода – Parsippany. – 2001. – № 22. – С. 9, 17. **20.** *Шендеровський В.* Нехай не гасне світ науки. Кн. 1 / В. Шендеровський ; [за ред. Е. Бабчук]. – К. : Простір, 2009. – 416 с. **21.** *Шендеровський В.* Творець української школи гідрологів / В. Шендеровський // Урядовий кур'єр. – 2000. – № 48. **22.** *Putz V.* Kartoffeln. Züchtung, Anbau, Verwertung / V. Putz. – Hamburg : Behr's Verlag, 1990. – 280 s. **23.** Water Content of Fruits and Vegetables [Електронний ресурс] – www2.ca.uky.edu/enri/pubs/enri129.pdf – Назва з екрану. **24.** Офіційний сайт Державної служби статистики України : www.ukrstat.gov.ua.

Харченко В. В. Можливості ландшафтознавчого вдосконалення рівняння Пенка – Оппоківа (на прикладі ландшафтів Київського Полісся).

Розглянуто біотичні водні ресурси ландшафтів на прикладі Київського Полісся. Ефективне і ощадливе водокористування потребує знання всіх складових водного балансу. Водний баланс може бути використаний для ефективного управління водопостачанням.

Врахування біотичної вологи в рівнянні водного балансу є недоцільним. Врахування показників випаровування, поверхневого стоку і зміни запасів вологи (в ґрунтах чи у гірських породах) достатньо для розрахування точного водного балансу річки.

Ключові слова: водні ресурси, рівняння водного балансу, рівняння Пенка – Оппоківа, ландшафтознавче вдосконалення, метод водного балансу, випаровування, поверхневий стік, зміни запасів вологи, біотичний компонент.

Kharchenko V. V. Opportunities of landscape science improvement of the Penk – Oppokiv equation (on example of landscapes of Kyiv Polissya). Structure of biotic water resources of landscapes are considered on example of Kyiv Polesie. It is necessary to know all components of the water balance to effective and thrifty water using. A water balance can be used to help manage water supply.

Consideration of biotic water in the water balance equation is inappropriate. Take into account the indicators of evaporation, surface runoff and the change in storage (in soil or the bedrock) is sufficient to calculate the correct water balance of the river.

Keywords: water resources, water balance equation, equation Penk – Oppokiv, landscape science method of improving water balance, evaporation, runoff, changes in inventories moisture biotic components.

Харченко В. В. **Возможности ландшафтоведческого усовершенствования уравнения Пенка – Оппокива (на примере ландшафтов Киевского Полесья).** Рассмотрено биотические водные ресурсы ландшафтов на примере Киевского Полесья. Эффективное и бережное водопользование требует знания всех составляющих водного баланса. Водный баланс может быть использован для эффективного управления водоснабжением.

Учёт биотической влаги в уравнении водного баланса нецелесообразно. Учёта показателей испарения, поверхностного стока и изменения запасов влаги (в почвах или в горных породах) достаточно для расчёта точного водного баланса реки.

Ключевые слова: водные ресурсы, уравнения водного баланса, уравнение Пенка - Оппокива, ландшафтоведческое усовершенствование, метод водного баланса, испарение, поверхностный сток, изменения запасов влаги, биотический компонент.

Надійшла до редколегії 10.12.2014

УДК 551.465.71

Дідовець Ю. С., Павельчук Є. М., Сніжко С. І.

*Київський національний університет
імені Тараса Шевченка*

ВИЗНАЧЕННЯ КАЛІБРАЦІЙНОГО ТА ВАЛІДАЦІЙНОГО ПЕРІОДІВ ДЛЯ ГІДРОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ SWIM (НА ПРИКЛАДІ р. ТЕТЕРІВ)

Ключові слова: гідрологічна модель, калібрація, валідація, методика розрахунку, Тетерів

Постановка проблеми та аналіз попередніх досліджень. Практично на всій планеті спостерігається посилення негативного впливу на кількісний та якісний стан водних ресурсів таких чинників як зміна клімату, землекористування, зростання чисельності населення, забруднення води, зростаюче водоспоживання. В доповіді ООН про стан світових водних ресурсів (2003 р.) зазначається, що у разі несприятливого збігу обставин вже всередині ХХІ століття 7 мільярдів населення нашої планети з 60 країн зіткнуться з проблемою дефіциту питної води; за сценарієм сприятливих умов ця проблема не зникне, вона теж матиме місце в 48 країнах світу, де проживає 2 мільярди населення [3].

Річковий стік є важливим природним ресурсом в економічному та соціальному аспекті. Процес зміни клімату безпосередньо впливає на кількісні та якісні характеристики річкового водного стоку та загалом на їх режим, що потребує проведення відповідних адаптаційних заходів у соціальній та економічній сферах. Для їх завчасного планування та проведення необхідна інформація про зміни водних ресурсів у майбутньому, яка може бути отримана лише з використанням сучасних кліматичних та гідрологічних моделей.

В Україні виконано кілька варіантів прогнозу зміни водного стоку у майбутньому [3], проте більшість з них базувалися на використанні водно-балансових гідрологічних моделей і результати, що отримані з їх використанням, вимагають подальшого уточнення.

На нашу думку, із певного переліку доступних гідрологічних моделей для умов України найкраще використовувати чисельну модель SWIM (Soil and Water Integrated Model), яка була розроблена німецькими і американськими фахівцями (V. Krysanova, F. Hattermann, T. Vetter, C. Rachimow і T. Conradt) і враховує не тільки параметри майбутнього клімату, а ще й гідрологічні та вегетаційні процеси, кругообіг поживних речовин (азот та фосфор), рух донних відкладів в межах річкового басейну [10]. Додатково система включає інтерфейс ГІС GRASS, яка дозволяє відображати просторові показники висот, землекористування, ґрунтів,