

формування останніх. Встановлено, що для великих рівнинних водосховищ такими об'єктами є: підпорожисті ділянки річок – для верхніх ділянок внутрішньокаскадних водосховищ, пригирлові ділянки річок – для верхніх в каскаді або окремих водосховищ; дельти в лиманах великих річок – для мілководних і мілководно-осушних ділянок; естуарії (глибоководні ділянки) лиманів – для глибоководних ділянок і літоралей водосховищ. Регулювання стану і використання різних ділянок водосховищ повинно виконуватися з урахуванням особливостей їх об'єктів-аналогів, етапів (стадій) розвитку, специфіки взаємодії провідних факторів на кожному цих етапів.

**Ключові слова:** велике рівнинне водосховище, водна екосистема, екологічна гідрологія, об'єкти-аналоги, дельта, лиман, гідроморфізація.

#### **Эколого-гидроморфологические подходы к идентификации крупных равнинных водохранилищ с помощью природных аналогов**

**Дубняк С. С.**

*В статье рассмотрены проблемы эколого-гидроморфологического обоснования и выбора природных водных объектов – аналогов крупных равнинных водохранилищ с учетом периодизации формирования последних. Установлено, что для крупных равнинных водохранилищ такими объектами являются: послепорожистые участки рек – для верхних участков внутрикаскадных водохранилищ, приустьевые участки рек – для верхних в каскаде или отдельных водохранилищ; дельты в лиманах крупных рек – для мелководных и мелководно-осушительных участков; эстуарии (глубоководные участки) лиманов – для глубоководных участков и литоралей водохранилищ. Регулирование состояния и использования различных участков водохранилищ должно производиться с учетом особенностей их объектов-аналогов, этапов (стадий) развития, специфики взаимодействия ведущих факторов на каждом из этих этапов.*

**Ключевые слова:** крупное равнинное водохранилище, водная экосистема, экологическая гидрология, объекты-аналоги, дельта, лиман, гидроморфизация.

#### **Ecohydromorphological approaches to identification of the large plain reservoirs with the help of natural analogues**

**Dubnyak S. S.**

*The problems of ecohydromorphological substantiation and choice of natural water objects - analogues of large plain reservoirs taking into account of periodization in their forming are considered. It is established, that for large plain reservoir such objects are: the river reach below rapids - for the top part of the innercascade reservoir, mouth river reach - for top in the cascade or separate reservoir; delta in lagoon of the large river - for shallow zone; estuary (deep-water part) of lagoon - for deep-water part and littoral of reservoirs. The regulation of an condition and use of various parts of reservoirs should be made taking into account of features of their objects - analogues, stages of development, specificity of interaction between the main factors on each of these stages.*

**Keywords:** large plain reservoir, water ecosystem, ecohydrology, objects - analogues, delta, lagoon, hydromorphization.

**Надійшла до редколегії 20.02.2013**

УДК 556.16.06+519.711.3

**Москаленко С.О.**

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

#### **ПРОГНОЗУВАННЯ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ НА РІЧКАХ ПРАВОБЕРЕЖЖЯ ПРИП'ЯТІ: НАУКОВО-МЕТОДИЧНА БАЗА ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ**

**Ключові слова:** дощовий стік, модель, методика прогнозу, процеси паводкоутворення, моделювання, часткові басейни та площі, параметри моделі, оптимізаційні процедури

**Вступ.** Традиційні методи гідрологічних прогнозів, що базуються на простих аналітичних або графічних залежностях, недосконалі і не сприяють подальшому розвитку методів прогнозування. Теоретичні й експериментальні дослідження умов формування дощового стоку, процесів водоутворення на водозборах річок,

**Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.2(29)**

переміщення руслом паводкових хвиль, їх трансформації свідчать про широке застосування математичних методів у гідрології [1].

Успішне рішення багатьох гідрологічних завдань потребує розробки нових методичних підходів дослідження умов формування стоку, розрахункових та прогнозних схем. На сучасному етапі у розвитку теоретичної та практичної гідрології пріоритетним напрямом є математичне моделювання річкового стоку на основі ландшафтно-гідрологічного принципу з використанням моделюючих можливостей, яке виступає й як засіб вивчення природних процесів, так й науково-методичною основою щодо опрацювання розрахункових та розробки прогнозних методик і систем для конкретних річок і басейнів [6,14]. Кожний такий басейн включає різні за умовами формування стоку території, ділянки, тому модель, крім повного опису основних процесів формування стоку, повинна враховувати їх просторову мінливість з врахуванням реально існуючого інформаційного забезпечення.

**Об'єкт дослідження** – басейни річок Правобережжя Прип'яті.

**Мета** проведених досліджень оцінка можливостей використання моделі процесів формування дощових паводків у завданнях їх моделювання та прогнозування для рівнинних водозборів, до яких відносяться басейни Правобережжя Прип'яті.

**Методи дослідження.** Для вирішення та виконання основних завдань дослідження використана математична модель формування дощових паводків ДОЩ-3, вибір якої обумовлено тим, що накопичено значний багаторічний досвід її успішного використання для дослідження процесів формування дощового стоку, а також розрахунку і прогнозу паводків на річках басейнів Карпатського регіону (Тиса, Дністер і Прут) [5, 9-13]. Науково-методична база містить у собі обґрунтування можливості застосування математичної моделі формування стоку та часткових моделей, що описують процеси стокоутворення у цілях розрахунку та прогнозу, а також технологію ідентифікації параметрів моделей в умовах даного конкретного регіону на основі всієї наявної інформації й оцінку отриманих результатів. В основу моделювання покладено існуючі теоретичні передумови; фізико-географічний і гідрологічний аналіз, що виявляє спільність і розходження процесів паводкоутворення по території, можливість їхнього опису моделлю; обґрунтування способів визначення параметрів моделі для басейнів і їхнього узагальнення по всій території [1, 4, 14].

**Вихідні матеріали.** Для аналізу умов формування паводків, відпрацювання технології оцінювання параметрів математичної моделі процесів їхнього формування дощового стоку та обґрунтування науково-методичних засад розробки методик прогнозів на річках Правобережжя Прип'яті використовувалися архівні дані спостережень державної гідрометеорологічної мережі з 23 гідрологічних постів на 11 річках і 22 метеорологічних станцій.

Закономірності та процеси формування дощового стоку й динаміка води на водозборі. Формування дощового стоку на водозборі є складним багатофакторним процесом, який може бути диференційований на ряд часткових процесів, які регулюються взаємообумовленими причинно-наслідковими зв'язками в межах річкового басейну. Відбувається взаємодія метеорологічних полів з підстильною поверхнею. А річковий басейн, в свою чергу, сприймає, перерозподіляє, акумулює, розсіює й направляє потоки речовини, енергії та виконує подвійну функцію: з одного боку, він поряд з кліматичними умовами та погодою визначає співвідношення між опадами, стоком і випаровуванням (водний баланс), з іншого боку - здійснює перерозподіл стоку в часі (трансформація) [1].

Взагалі формування дощових паводків визначається наступними основними процесами: надходженням води на поверхню ґрунту; втратами дощових вод на поповнення в ґрунт, поверхневу затримку й випаровування при стіканні води по схилах; стіканням води з поверхні водозбору; стіканням води по руслах річок. Формалізація цих процесів з метою подання фізично достовірної картини формування стоку може бути отримана шляхом складання та вирішення системи рівнянь, що описують умови руху води по схилах і руслові трансформації, рівнянь турбулентного теплообміну й теплового балансу для оцінки випаровування, рівнянь інфільтрації тощо.

Характерною рисою дощових паводків є їхня генетична неоднорідність, під якою маються на увазі різні умови їхнього формування, динаміку розвитку й режиму стікання. Формування дощового стоку проявляє взаємозв'язок природних процесів, який обумовлений впливом орографії на просторове поширення метеорологічних величин і значною зміною підстильної поверхні.

Реалізація того або іншого підходу при рішенні прогностичного завдання багато в чому визначається обсягом і якістю наявної інформації, а також особливостями формування стоку в конкретній фізико-географічній зоні [1, 2, 4].

Структурні та функціональні особливості математичної моделі процесів формування дощового стоку ДОЩ-3 полягають у наступному [6, 10, 14]. Річковий водозбір розглядається як динамічна система, яка складається із трьох умовних ємностей, де відбувається утворення генетично різнорідних видів стоку (стікання) води з водозбору (поверхневого, підповерхневого та підґрунтового), тобто елементарні процеси, що імітуються моделлю, розвиваються у часі та описуються у ній на основі фізичних уявлень про гідрологічні і метеорологічні процеси.

Модель ДОЩ-3 є розподіленою, що дозволяє врахувати просторову мінливість ландшафтних умов і чинників формування дощового стоку води з різною деталізацією, яка потрібна для практичних цілей. Алгоритми модельних рішень відображають з певною точністю ґрунтові, морфометричні та гідравлічні особливості часткових площ водозбору, а саме: спроможність підповерхневого шару до інфільтрації та дренажу зайвої вологи, зменшення зволоженості водозбору внаслідок відтоку води, вплив зволоження водозбору та інтенсивність підповерхневого стоку, вологоємність шару ґрунту та підґрунтя, інтенсивність фільтрації за межі ґрунту та підґрунтя.

Математична модель процесів формування стоку під час дощових паводків ДОЩ-3 ґрунтується на наступних рішеннях:

- як надходження на водозбір слугує інтенсивність опадів (дощу),
- водоутворення обчислюється шляхом водно-балансових рішень,
- зволоження водозбору відбувається через баланс вологи в шарах ґрунту та в підґрунті,
- водоутворення трансформується у витрати води в річковій мережі шляхом застосування функцій впливу.

Основні елементарні процеси паводкоутворення взаємопов'язані та змінюються в часі у відповідь на зміну зовнішніх чинників, тобто модельні рішення здійснюються на принципі змінних стану (principle of state variables), який умовно можна описати так:  $st(t+dt)=st(t)+V_{st} \cdot dt$ , де  $st(t+dt)$  і  $st(t)$  – змінні (рівні, значення) стану гідрометеорологічної величини в моменти часу  $(t+dt)$  і  $(t)$ ;  $V_{st}$  – величина, яка визначає швидкість зміни стану (керівна змінна стану);  $dt$  – часовий крок (проміжок часу). Кількість змінних стану залежить від кількості основних складових формування стоку води, задіяних у моделі. Тому модель (система математичних

та логічних виразів) побудована відповідним чином та встановлена взаємодія між її структурними складовими [14].

Регіональні, ландшафтні особливості формування дощових паводків того чи іншого водозбору у моделі ДОЩ-3 враховуються шляхом параметризації за спеціальною технологією ідентифікації її параметрів з застосуванням оптимізаційних процедур.

Внаслідок такого підходу до комплексу параметрів прогностичних систем задіяні площинні і модельні параметри. Перша група – площинні параметри визначають просторову структуру систем через розміри часткових площ і часткових басейнів, а також інтерполяційні коефіцієнти для обчислення осереднених за площею значень метеорологічних величин, виміряних в окремих пунктах спостережень. Через другу групу параметрів відображаються елементарні процеси стокоутворення, які відбуваються на водозборі.

На кожному з просторових об'єктів діє математична модель за відповідних модельних (оптимальних) параметрів і метеорологічних умов, що складаються на певний термін. Схема взаємозв'язку моделі процесів формування дощових паводків з площинними та модельними параметрами конкретного водозбору (часткової площі) подана на рис.1

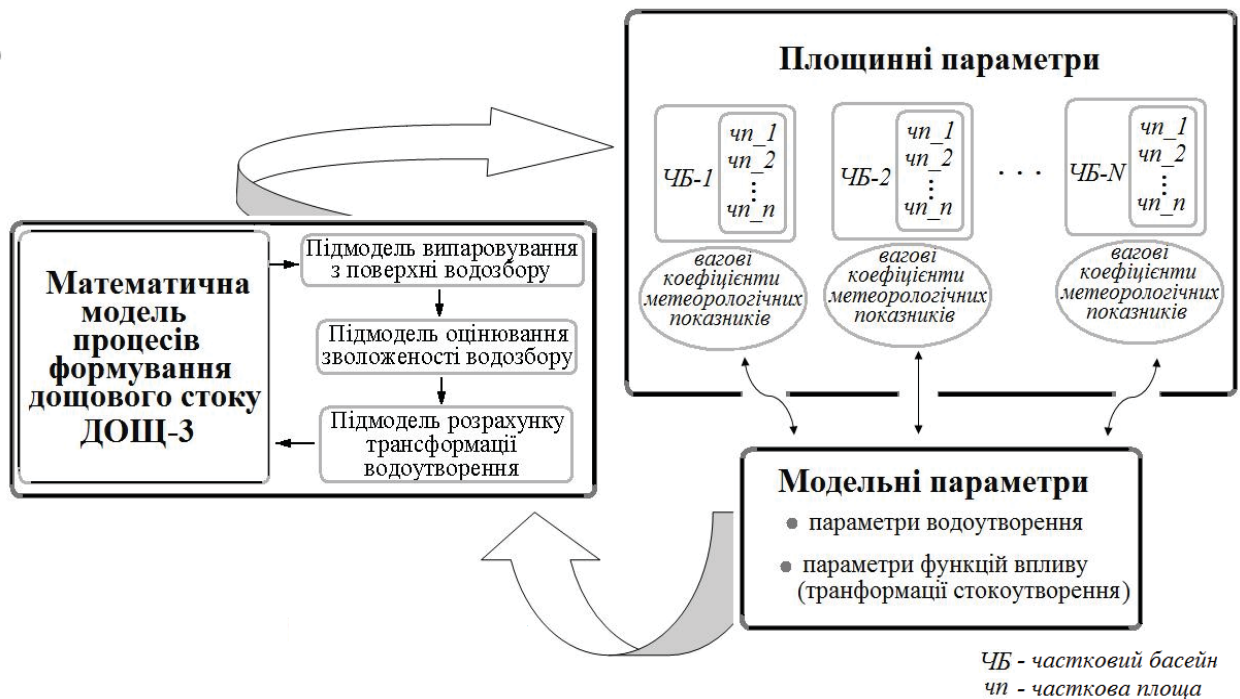


Рис 1. Взаємозв'язку моделі процесів формування дощових паводків з її площинними та модельними параметрами

Просторова структура прогнозування дощового стоку на річках Правобережжя Прип'яті. Розмаїття умов формування дощового стоку на річках Правобережжя Прип'яті потребує виділення у межах часткових річкових басейнів таких структурних елементів, як часткові площі, де спостерігаються відносно однорідні ландшафтні умови та гідрометеорологічні ситуації [14]. Потреба такої схематизації виникає також і в тому разі, якщо навіть за відносної однорідності умов формування стоку необхідно обчислювати його хід не тільки в замикальному створі, але й у декількох створах, розташованих уздовж річки.

Площинні параметри, як вже відзначалося вище, через розміри часткових площ і часткових басейнів визначають просторову структуру системи

прогнозування. В басейні Правобережжя Прип'яті для розробки методик прогнозування перебігу стоку під час дощових паводків виділено 7 часткових басейнів на річках Вижівка, Турія, Стохід, Стир, Горинь, Случ, Уборть та в межах часткових басейнів – часткові площі та 14 прогнозних створів (табл.1).

Таблиця 1. Просторова структура системи прогнозування дощових паводків на річках Правобережжя Прип'яті

Часткові басейни		Часткові площі, км <sup>2</sup>					Прогнозні створи
Річка - створ	Площа, км <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	
		Площа, км <sup>2</sup>					
р. Вижівка (сmt Стара Вижівка)	722	722					р.Вижівка - сmt Стара Вижівка
р.Турія (м.Ковель)	1480	1480					р.Турія – м.Ковель
р.Стохід (сmt Любешів)	2970	1570	1400				р.Стохід - сmt Любешів
р.Стир (с.Млинок)	10900	2020					р.Стир - с.Щурівці
		3500	2500	1200			р.Стир - м.Луцьк
		3500	2500	1200	2000	1700	р.Стир - с.Млинок
р.Горинь (с.Дубровиця)	12000	1400					р.Горинь - сmt Ямпіль
		1860	2000	2000			р.Горинь - с.Оженін
		1860	2000	2000	1700	1600	р.Горинь - с.Деражне
		1860	2000	2000	3300	2840	р.Горинь - с.Дубровиця
р.Случ (м.Сарни)	13300	2480					р.Случ - с.Громада
		2500	2500	2460			р.Случ – м.Новоград-Волинський
		2500	2500	2460	3360	2500	р.Случ - м.Сарни
р.Уборть (с.Перга)	2880	1480	1400				р.Уборть - с.Перга

Визначення кількості структурних елементів – часткових басейнів і часткових площ – здійснена таким чином, щоб вирішити головні проблеми її функціонування. По-перше, по можливості задіяти усі річкові створи (гідрологічні пости), для яких доцільно прогнозувати перебіг стоку із максимальною завчасністю. По-друге, враховувати неоднорідність по площі водозбору і мінливість у часі припливу води до річкових ділянок внаслідок зміни погодних умов, що складаються на певний термін, та особливостей ландшафтних умов формування стоку. По-третє, врахувати тривалість добігання водних мас до визначених річкових створів.

Тому кожний частковий басейн подано декількома частковими площами - від одної до п'яти (див. табл. 1). Можна вважати, таким чином, що ці складові системи подаються в ній як імітаційні підсистеми з розподіленими параметрами, оскільки вони дозволяють враховувати просторову неоднорідність чинників, які зумовлюють формування стоку води, через застосування математичної моделі до кожного їх структурного елементу (часткової площі).

В модель також подається у вигляді часових функцій, як послідовність середніх на водозборі значень відповідних метеорологічних величин, вихідна інформація - інтенсивність опадів, дефіцит вологості повітря, швидкість вітру, Для їх визначення розраховано інтерполяційні коефіцієнти для обчислення середніх значень метеорологічних величин по частковим площам та басейнам, орієнтуючись на використання інформації зі стандартної мережі спостережень в басейні Правобережжя Прип'яті. При оцінюванні площинних параметрів і відповідних інтерполяційних коефіцієнтів враховані дослідження структури полів опадів. Потрібно орієнтуватися на отримання інформації про опади під час

дощових паводків не лише з метеостанцій, але й із усіх гідрометеорологічних постів.

Розрахунковий проміжок часу приймають таким чином, щоб без істотних викривлень описати паводкову хвилю. Така умова витримується у тому випадку, якщо розрахунковий інтервал дорівнює приблизно 0,20-0,25 тривалості підйому паводку. За дослідженнями гідрографів дощових паводків на річках Правобережжя Прип'яті оптимальний розрахунковий проміжок часу знаходиться у межах від 12 до 15 годин. Але для зручності в отриманні та використанні вихідної інформації при моделюванні дощових паводків на річках Правобережжя Прип'яті було прийнято  $\Delta t = 12$  годин.

Моделльні параметри є основою методичних рішень розробки, які являють собою певні числові коефіцієнти в алгоритмічній системі моделі для опису елементарних процесів. Розрахункові вирази моделі ДОЩ-3 та зміст параметрів моделі, за допомогою яких описуються вищезазначені процеси під час формування стоку на водозборі, розглядаються детально в працях [6, 10, 12-14]. Комплекс параметрів постійний для кожного об'єкта (річкового басейну), але їх значення змінюються від басейну до басейну залежно від їхніх особливостей. У розрахункових виразах моделі для опису елементарних процесів, що відбуваються на часткових басейнах та площах під час формування дощового стоку, задіяні 9 параметрів водоутворення та 4 параметра функцій добігання поверхневого та підповерхневого стоку [10].

Програмне забезпечення, за допомогою якого реалізується модель ДОЩ-3, опрацьовано в розрахунковому та прогнозному варіантах. Отже, вони використовуються як для вивчення процесів формування стоку (розрахунковий варіант), так і для створення методик його прогнозування.

Практична реалізація будь-якої моделі неможлива без її ідентифікації, що зводиться по суті до оцінювання параметрів. Щодо принципів та підходів до оцінювання оптимальних модельних і площинних параметрів, які можуть мати загально-методичний характер, було використано:

- спеціально опрацьовану технологію оцінювання параметрів з застосуванням методу декомпозиції;
- узагальнення значень параметрів у залежності від ландшафтних характеристик водозборів.

Процедура ідентифікації модельних параметрів та встановлення оптимальних їх значень для конкретних водозборів повинна бути організована. При оцінюванні оптимальних параметрів моделі ДОЩ-3 використано досвід попередніх досліджень [1, 3, 10, 12-14], звертаючи увагу на встановлення достовірних, фізично обґрунтованих і стійких значень параметрів. За відсутності необхідних експериментальних даних при моделюванні ходу стоку води водозбір доводиться розглядати, як імітаційну систему, параметри якої відомі лише наближено. Такі обставини вимагають звертати особливу увагу на технологію оцінювання параметрів моделі, які враховують умови формування стоку. Одні параметри діють, роблячи вплив на стік води фізико-географічних факторів, числові значення яких загалом мало змінюються в межах певної ландшафтної зони, інші, навпаки, відображають вплив локальних особливостей формування стоку. Тому за технологією оцінювання параметрів спочатку були розраховані їх початкові значення, потім проведена їх оптимізація в діапазоні можливих змін.

Розрахунок початкових значень параметрів та встановлення їх просторового змінювання для річок Правобережжя Прип'яті та подальша їх оптимізація виконано за даними з 12 малих водозборів (р. Вижівка – Стара Вижівка, р. Турія – Ягідне,

р. Тур'я – Ковель, р. Стир – Щурівці, р. Родоставка – Трійця, р. Горинь – Ямпіль, р. Вирка – Сварині, р. Случ – Громада, р. Смолка – Сусли, р. Тня – Броніки, р. Льва – Осницьк, р. Уборть – Рудня (Іванівська), які знаходяться в різних ландшафтних умовах – на Волино-Подільській, Придніпровській височинах і на Поліській низовині, тобто з різними середніми висотами водозборів, похилами, ґрунтами, залісеністю та іншими чинниками. Площі водозборів змінюються від 230 до 2020 км<sup>2</sup>. За малими водозборами визначаються тільки стокоформуючі параметри моделі.

В подальшому орієнтуючись на значення оптимальних параметрів водоутворення для малих водозборів, буде правомірним застосувати діапазон їх змінювання для моделювання стоку з часткових площ та басейнів, беручи до уваги подібність ландшафтних особливостей відповідних водозборів.

Технологія ідентифікації параметрів моделі ДОЩ-3, яка передбачає 4 етапи оптимізації і полягає в наступному (рис. 2): 1) значення чотирьох параметрів моделі ( $K_1, K_2, i_0, R$ ) обчислюються за даними гідрометеорологічних спостережень і в подальшому не змінюються; 2) для решти параметрів, значення яких уточнюються шляхом оптимізації, на основі гідрометеорологічних спостережень визначаються межі їхніх можливих значень за конкретних умов; 3) при оптимізації параметрів застосовуються метод декомпозиції, тобто розглядаються окремі процеси утворення стоку за виключення інших.

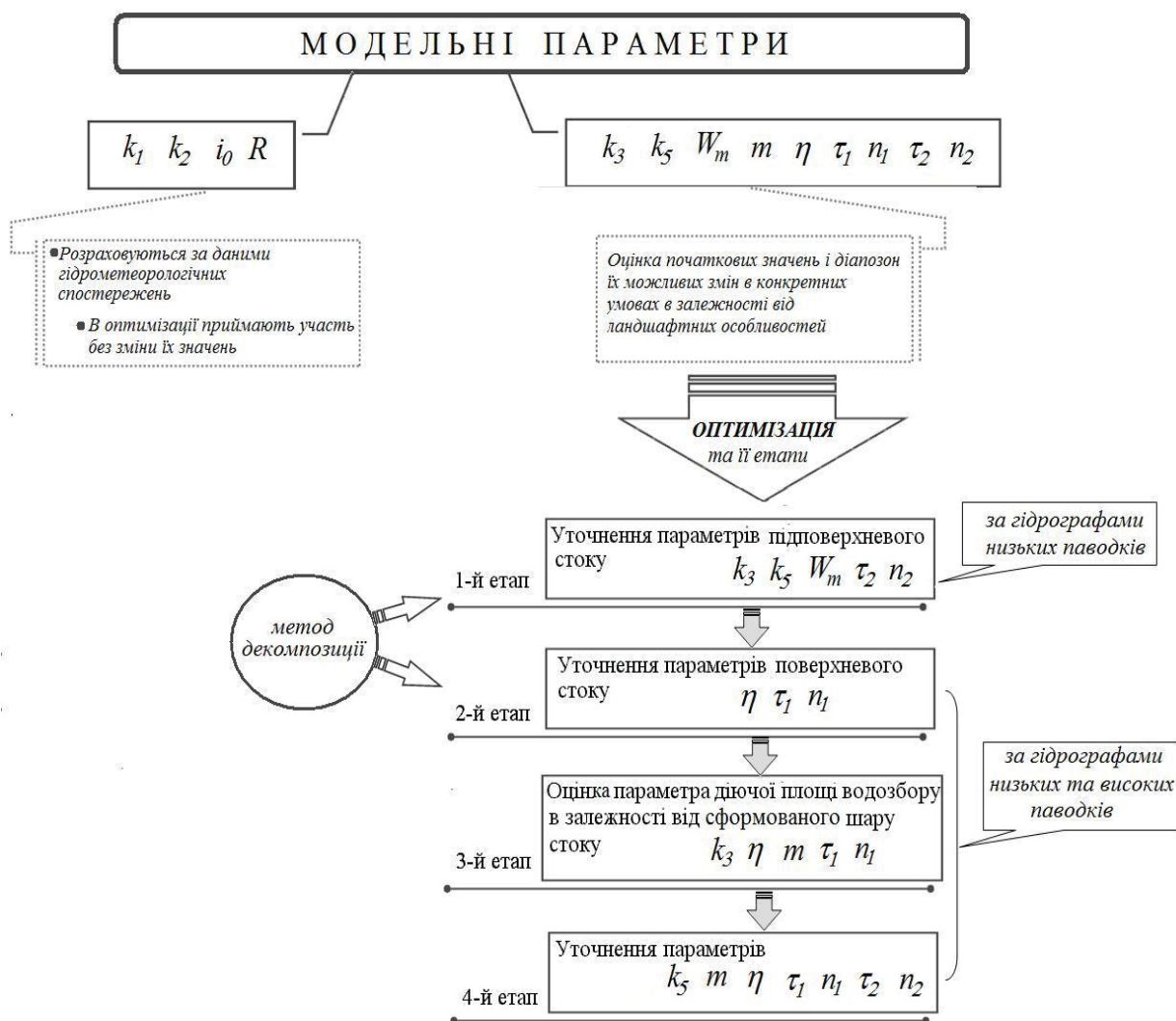


Рис. 2. Технологія ідентифікації параметрів моделі ДОЩ-3  
Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.2(29)

Застосування метода декомпозиції при оцінюванні параметрів моделі полегшується тим, що є можливість працювати з паводковими періодами, які істотно відрізняються за умовами свого формування. Мається на увазі дощові паводки різної висоти, тобто з різною питомою вагою поверхневої та підповерхневої складової у загальній паводковій хвилі, а також розгляд окремих процесів стокоутворення при виключенні інших. Тоді, наприклад, шляхом окремого моделювання низьких і високих паводків, можна визначити параметри спочатку підповерхневого стікання, а потім поверхневого. Такий підхід дозволяє також більш повно використовувати наявну інформацію про поведінку річкового водозбору й окремих його частин.

Процес оцінювання оптимальних модельних параметрів здійснювався із застосуванням спеціальних програмних засобів, алгоритм яких побудовано таким чином, що при одночасній оптимізації декількох паводків всі розрахункові операції виконуються по кожному з них окремо, а якість оцінюється в сумарному вигляді. Як результат, здійснюється заміна початкових значень модельних параметрів на оптимальні у межах діапазону їх змін, що задається.

Єдиним критерієм працездатності моделі ДОЩ-3, як в багатьох моделюючих гідрологічних системах, залишається ступінь наближення змодельованих і спостережених гідрографів у замикаючому створі [1, 14]. Такі оцінки виконуються зворотним шляхом – так званий метод «проб і помилок». Він привабливий тим, що дозволяє відчутти вплив змін значень кожного параметра на результат - розрахунковий гідрограф.

За критерій оптимізації приймають суму квадратів відхилення фактичних  $X_\phi$  і розрахованих значень  $X_p$ :

$$K_a = \int_0^{max} [X_\phi(t) - X_p(t)]^2 dt, \quad (1)$$

де  $X_\phi$  та  $X_p$  - фактичні та розраховані значення  $X$  відповідно.

Оцінка достовірності визначення параметрів. Параметри повинні відображати об'єктивні характеристики конкретних водозборів і бажано мати конкретний фізичний зміст. Тому достовірності, стійкості і фізичній обґрунтованості оцінювання параметрів, як показав досвід, повинно приділятися належна увага. Для цього після параметризації водоутворення та добігання для кожного часткового басейна та площі були проведено:

- 1) кількісні оцінки ефективності моделювання;
- 2) оцінка достовірності визначення оптимальних параметрів водоутворення дощових паводків через їх залежність від ландшафтно-гідрологічних умов водозборів Правобережжя Прип'яті;
- 3) аналіз структурних складових паводкової хвилі дощових паводків за даними модельних розрахунків

Результати по 2 та 3 пункту висвітлено у [5, 7-9, 11], а для кількісної оцінки ефективності моделювання обчислено коефіцієнти парної кореляції між фактичними і розрахованими (або умовно прогнозованими) гідрографами дощових паводків для окремих водозборів. Аналіз результатів показав, що оптимальні параметри процесів формування стоку добре їх описують, ефективність моделювання в основному відноситься до категорії добра (коефіцієнт парної кореляції  $\geq 0,87$ ) та для деяких водозборів (приблизно у 20% випадків) – задовільна (коефіцієнт парної кореляції знаходиться в межах 0,86 – 0,60).

За проведеними дослідженнями можна зробити висновок, що параметри моделі відображають об'єктивні фізичні характеристики та особливості водозборів



досліджуваного регіону. Вони систематизовані та узагальнені для Правобережжя Прип'яті й, таким чином, склали певний розділ інформаційної бази даних для моделювання процесів стоку та використання в цілях прогнозування перебігу стоку під час дощових паводків. Тобто, якщо основне призначення розрахункової моделі – це визначення оптимальних параметрів моделі для кожної часткової площі та басейну, то у прогнозному аналогу моделі ДОЩ-3 ці параметри вже вихідні характеристики, що описують процеси формування дощових паводків для кожного конкретного водозбору.

**Технологія реалізації методичної бази.** Щодо технології реалізації методичної бази, то система прогнозування дощових паводків на річках Правобережжя Прип'яті складається із окремих підсистем, до кожної із яких застосовується математична модель ДОЩ-3 з відповідними для кожного просторового структурного об'єкту площинними та модельними параметрами. Кожна підсистема це окрема самостійна методика прогнозу, кількість яких відповідає кількості прогнозних створів - 14 (див. табл.1).

Короткотермінове прогнозування перебігу стоку під час дощових паводків на річках Правобережжя Прип'яті здійснюється за допомогою спеціальної програми, де для кожного прогнозного створу формуються два інформаційних файли – «постійний» з параметрами для конкретних водозборів або часткових його площ та «змінний» з поточною вихідною інформацією – гідрометеорологічними даними, які подаються у вигляді середніх значень для басейнів Прип'яті за 12-годинний інтервал. Власне прогноз обчислюється на 4 розрахункових інтервали (на 2 доби).

Перевірка ефективності розроблених методик прогнозування для 14 прогнозних створів була проведена за незалежними даними і здійснювалася при отриманні необхідної гідрометеорологічної інформації з бази даних Українського Гідрометцентру при використанні автоматизованого комплексу АРМ-гідро. За період з 2002-2012 роки проаналізовані комплексні графіки та сформовано банк необхідної гідрометеорологічної інформації за 2008 та 2010 роки, коли спостерігалися паводки на річках Правобережжя Прип'яті. У табл. 2 показано перебіг прогнозованих значень витрат води дощового паводку у червні 2010 р. на р. Уборть – с. Перга на період завчасності прогнозу на строки  $(t+12)$ ,  $(t+24)$ ,  $(t+36)$  та  $(t+48)$  годин в залежності від термінів прогнозування.

Через співвідношення  $S_{\Delta Q}/\sigma_{\Delta Q}$  проведена оцінка ефективності прогнозів і в загальному для всіх водозборів воно знаходиться в межах від 0,35–0,72 при забезпеченості допустимої похибки прогнозів  $P = 70-90\%$ . (що відноситься до категорії якості добра та задовільна).

**Висновки.** Основою методичної бази короткотермінового прогнозування дощових паводків на правобережних притоках Прип'яті (річках Вижівка, Турія, Стохід, Стир, Горинь, Случ і Уборть) є математична модель процесів формування дощового стоку ДОЩ-3. Програмне забезпечення, за допомогою якого реалізується модель, опрацьовано в розрахунковому та прогнозному варіантах. Отже, вона використовується для вивчення процесів формування дощового стоку і для створення методик його прогнозування.

З метою врахування нерівномірності просторового випадіння опадів та відмінностей умов переміщення паводкових хвиль по річковій мережі водозбори в моделі поділено на часткові площі. На кожному з цих просторових об'єктів обчислюють водоутворення за відповідних оптимальних параметрів і метеорологічних умов, що складаються на певний термін. Прийняті технологічні рішення дозволяють отримувати прогнозну продукцію з детальним просторово-часовим поданням.

**Таблиця 2. Аналіз фактичного та прогнозованого гідрографів стоку дощового паводку у червні 2010 р. на р. Уборть – с. Перга в залежності від строків прогнозування**

Дата та спостережені витрати води (м <sup>3</sup> /с)		Строк складання прогнозу t та спрогнозовані витрати води (м <sup>3</sup> /с) на строки ( t+12), (t+24), (t+36) та (t+48) годин											
		31.05.2010 08 год.		31.05 20 год.		01.06 08 год.		01.06 20 год.		02.06 08 год.		02.06 20 год.	
30.05.2010 08 год.	8,2												
30.05.2010 20 год.	8,2												
31.05.2010 08 год.	9,6	t	<u>9,6</u>										
31.05.2010 20 год.	17,6	t+12	17	t	<u>17,6</u>								
01.06.2010 08 год.	23,5	t+24	24,1	t+12	26,7	t	<u>23,5</u>						
01.06.2010 20 год.	30,3	t+36	31,6	t+24	33,9	t+12	32,3	t	<u>30,3</u>				
02.06.2010 08 год.	35,2	t+48	38,4	t+36	41	t+24	39,6	t+12	38,9	t	<u>34,2</u>		
02.06.2010 20 год.	39,8			t+48	47,3	t+36	45,8	t+24	45,2	t+12	42,4	t	<u>39,8</u>
03.06.2010 08 год.	45,4					t+48	49,8	t+36	49,3	t+24	47	t+12	45,6
03.06.2010 20 год.	43,2							t+48	50,5	t+36	48,7	t+24	48,4
04.06.2010 08 год.	39,4									t+48	47,4	t+36	45,2
04.06.2010 20 год.	36,1											t+48	42,4
05.06.2010 08 год.	33,2												
05.06.2010 20 год.	30												
06.06.2010 08 год.	28,1												
06.06.2010 20 год.	25,8												
07.06.2010 08 год.	23,1												
07.06.2010 20 год.	20,5												

**Список літератури**

1. Георгиевский Ю. М. Гидрологические прогнозы / Ю. М. Георгиевский, С. В. Шаночкин. – СПб. : изд-во. РГГМУ, 2007. – С. 140-169. 2. Дутко В. О. Особливості паводкового режиму річок басейнів Західного Бугу та Правобережжя Прип'яті / В. О. Дутко, С. О. Москаленко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія – 2008. – Т. 15. – С. 63-68. 3. Дутко В. О. Із досвіду ідентифікації параметрів математичної моделі дощового стоку в залежності від орографії місцевості / В. О. Дутко, М. М. Сосєдко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 3(24). – С. 73-80. 4. Кучмент Л. С. Математическое моделирование речного стока / Л. С. Кучмент. – Л. : Гидрометеиздат, 1972. – С. 115-118. 5. Лук'янець О. І. Ландшафтні характеристики як основа оцінювання параметрів математичних моделей стоку води / О. І. Лук'янець // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т. 5. – С. 78-84. 6. Лук'янець О. І. Методично-технологічна схема оцінювання оптимальних параметрів басейнової прогностичної системи / О. І. Лук'янець // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2005. – Т. 7 – С. 40-49. 7. Москаленко С. О. Оцінювання поверхневого та підповерхневого водоутворення у процесі моделювання дощових паводків на малих річках Правобережжя Прип'яті / С. О. Москаленко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.2(29)

2011. – Т. 3(24). – С. 87-93. **8.** Москаленко С. О. Оцінка достовірності визначення параметрів водоутворення математичної моделі дощових паводків для малих водозборів Правобережжя Прип'яті / С. О. Москаленко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т. 2(27). – С. 23-29. **9.** Приймаченко Н. В. Узагальнення параметрів математичної моделі формування дощового стоку на прикладі малих водозборів басейну Дністра / Н. В. Приймаченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 18. – С. 47-55. **10.** Применение математических моделей в задачах расчета и прогноза дождевого стока (методическое руководство) / М. Соседко, Д. Димитров, Е. Кочелаба, В. Янков. – София-Киев, 1990. – 118 с. **11.** Соседко М. Н. Анализ чувствительности математической модели формирования дождевого стока на горном водозборе / М. Н. Соседко // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. – 1986. – Вып. 212. – С. 85-93. **12.** Соседко М. Н. Методика идентификации математической модели дождевого стока на горных водозборах / М. Н. Соседко, Т. Панайотов, В. Янков // Проблемы на метеорологията и хидрологията. – София : Наука, 1987. – С. 35-44. **13.** Соседко М. Н. Применение математической модели формирования дождевого стока с распределенными параметрами при краткосрочном прогнозировании паводков в горных районах / М. Н. Соседко, О. И. Лукьянец // Тр. УкрНИГМИ. – 1993. – Вып. 245. – С. 29-39. **14.** Сусідко М. М. Математичне моделювання процесів формування стоку як основа прогностичних систем / М. М. Сусідко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2000. – Т.1. – С. 32-40.

**Прогнозування дощових паводків на річках Правобережжя Прип'яті: науково-методична база та технологічні рішення**

**Москаленко С. О.**

*У статті розглянуті науково-методичні принципи і технологічні рішення для створення системи прогнозування дощових паводків на річках правобережної частини Прип'яті. Науково методична база включає обґрунтування можливості застосування математичної моделі формування дощового стоку, яка описують процеси його утворення, для цілей розрахунку і прогнозування, а також технологію ідентифікації параметрів моделі в умовах даного конкретного регіону на основі усієї наявної інформації і оцінки результатів.*

**Ключові слова:** дощовий стік, математична модель, методика прогнозу, процеси паводкоутворення, моделювання, часткові басейни та площі, параметри моделі, оптимізаційні процедури.

**Прогнозирование дождевых паводков на реках Правобережья Припяти : научно-методическая база и технологические решения**

**Москаленко С. А.**

*В статье рассмотрены научно-методические принципы и технологические решения для создания системы прогнозирования дождевых паводков на реках правобережной части Припяти. Научно методическая база включает обоснование возможности применения математической модели формирования дождевого стока, которая описывают процессы его образования, для целей расчета и прогнозирования, а также технологию идентификации параметров модели в условиях данного конкретного региона на основе всей имеющейся информации и оценки результатов.*

**Ключевые слова:** дождевой сток, математическая модель, методика прогноза, процессы паводкообразования, моделирование, частные бассейны и площади, параметры модели, оптимизационные процедуры.

**Forecasting of rainfall floods on the rivers of the Right bank of Pripjat : scientifically-methodical base and technological decisions**

**Moskalenko S. O.**

*In the article scientifically-methodical principles and technological decisions are considered for creation of the system of prognostication of rain floods on the rivers of right-bank part of Pripjat. Scientifically a methodical base includes research of possibility of application of mathematical model that describes the processes of forming of rain flow, for the aims of calculation and prognostication. Technology of optimization of model parameters is also presented for the region of research. The estimation of results is conducted .*

**Keywords:** rainfall flood, mathematical model, methodology of forecasting, processes of forming of flood, design, particular basins and areas, model parameters, optimization procedures.

**Надійшла до редколегії 06.02.2013**