

Екологічні особливості берегозахисних заходів на великих рівнинних водохранилищах

Дубняк С.С.

В статті розглянуті проблеми покращення технічного та екологічного стану великих рівнинних водохранилищ, найважливішою з яких є захист прибережних територій. Представлено заходи та методи захисту прибережних територій, які дозволяють максимально використовувати екологічні гідроморфологічні особливості берегів та берегозахисних заходів для підвищення їх ефективності та збереження біорізноманітності.

Ключові слова: водохранилище, водна екосистема, берегова зона, берегозахисні заходи, техногенна берегова екосистема.

Ecological features of coastal protection measures on large plain reservoirs

Dubnyak S.S.

The problems of improvement of a technical and ecological condition of large plain reservoirs are considered, major of which is the protection of coastal territories. The receptions and methods for protection of coastal territories which allow to take into account ecosystem hydromorphological features of coast and coastal protection measures for increase of their efficiency and preservation of a biovariety are offered.

Keywords: reservoir, aquatic ecosystem, coastal zone, coastal protection measures, technogenetic coastal ecosystem.

Надійшла до редколегії 17.02.10

УДК 556(16.047+166):551.345.3

Сусідко М.М.

Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, м. Київ

Лук'янець О.І.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РІЧКОВОГО СТОКУ НА ОСНОВІ ВОДНОБАЛАНСОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ключові слова: воднобалансові станції, дощовий стік, сніго-дощовий стік, математична модель, ідентифікація параметрів, оптимальні параметри моделі

Актуальність питання та мета досліджень. В останні десятиліття значного поширення набуло застосування математичних моделей процесів формування стоку дощового і сніго-дощового стоку води [8, 12-16]. При цьому слід зауважити, що оцінювання параметрів моделей набуває особливої ваги та становить переважно основу математичних рішень.

Необхідність і важливість розгляду підходів до ідентифікації параметрів математичних моделей стоку слід пояснити тими обставинами, що при їх визначенні застосовується метод оптимізації [9, 11, 13]. А в зв'язку з цим

відсутня певна строгість у постановці завдання. Оскільки ми оперуємо обмеженими даними про поводження водозбору в період формування дощового паводку чи весняної повені, виникає необхідність оцінювати оптимальні параметри, виходячи з елементарних процесів стокоформування. Під оптимальністю рішення мається на увазі не тільки досягнення прийнятої збіжності розрахованих і фактичних гідрографів, але й отримання стійких значень параметрів математичної моделі, які не суперечать фізичним уявленням про процеси формування стоку [9, 11].

Успіх у вирішенні завдання щодо оцінювання оптимальних параметрів математичної моделі процесів формування стоку залежить, навіть із застосуванням методу декомпозиції, від завдання початкових параметрів і визначення деяких із них шляхом аналізу елементарних гідрометеорологічних процесів. Згадані питання розглядаються в цій статті відносно математичних моделей формування дощового та сніго-дощового стоку із використанням матеріалів спостережень воднобалансових станцій (ВБС) [8, 12].

Воднобалансові станції в Україні. У рамках Міжнародного гідрологічного десятиріччя (МГД) ЮНЕСКО в 50-ті роки ХХ ст. було започатковано співробітництво гідрологічних установ по вивченню процесів формування стоку води на вибраних водозборах (репрезентативних і експериментальних).

Активну участь у цій справі приймали вчені Державного гідрологічного інституту (ДГІ) та Гідрометцентру СРСР. ДГІ створив на Валдаї експериментальний полігон зі значним технічним устаткуванням, де проводилися також семінари з участю іноземних фахівців.

У нашій країні спеціально вибрані водозбори для детального вивчення процесів формування стоку створювалися спочатку у вигляді стокових станцій. Пізніше вони були названі воднобалансовими станціями. Після закінчення програми МГД воднобалансові дослідження були задіяні в Міжнародних гідрологічних програмах (МГП) ЮНЕСКО.

На основі досвіду здійснення воднобалансових досліджень під егідою ЮНЕСКО було розроблено спеціальний посібник з досліджень на станціях [1, 6].

На території України з 50-х років ХХ ст. діяли 5 воднобалансових (стокових) станцій – Придеснянська, Закарпатська, Богуславська, Бучанська та Велико-Анадольська. Дві останні станції були закриті в 60-х роках як нерепрезентативні.

Гідрометеорологічні спостереження на воднобалансових станціях ведуться за індивідуальними програмами, які враховують можливості оцінювання чинників, що найбільш повно впливають на процеси формування річкового стоку в залежності від ландшафтних умов місцевості (табл.1, 2). При цьому мається на увазі, що умови формування стоку на станціях характерні для відповідних фізико-географічних зон.

Таблиця 1. Перелік досліджень на воднобалансових станціях України

Види та об'єкти спостережень	Кількість об'єктів			
	Придеснянська ВБС	Закарпатська ВБС	Богуславська ВБС	Велико-Анадольська ВБС
1. Стік води – річки, струмки, вибалки, улоговини	7	23	10	5
2. Схилний стік - майданчики	6	-	6	2
3. Мутність води – водотоки/майданчики	6/6	5/-	6/-	4/-
4. Хімічний склад води – водотоки/свердловини	1/-	8/-	1/17	2/-
5. Метеорологічні, актинометричні - пункти	1	2	1	1
6. Опади – пункти	12	44	14	15
7. Запаси води у снігові – маршрути/басейни	7/4	21	8	7
8. Випаровування з ґрунту – пункти	4	3	4	6
9. Випаровування зі снігу – пункти	1	-	-	-
10. Вологість ґрунту – пункти	11	2	12	6
11. Промерзання та відтавання ґрунту – пункти	24	3	33	13
12. Рівні підземних вод – свердловини	11	13	57	4
13. Рівні води в улоговинах - пункти	4	-	-	-
14. Інтенсивність сніготанення та водовіддачі зі снігу-пункти	1	-	-	-

Придеснянська ВБС знаходиться на території Чернігівської області в басейні р.Головесня (правий приток Десни). Головним завданням цієї станції є вивчення процесів формування стоку з малих водозборів і впливу лісу на стік в умовах лісостепової зони.

Таблиця 2. Водні об'єкти на території воднобалансових станцій

Воднобалансова станція	Річки		Струмки, улоговини	
	кількість	площі водозборів, км ²	кількість	площі водозборів, км ²
Придеснянська	1	29,5	6	0,014 - 1,21
Закарпатська	6	25,4 - 550	17	0,28 – 19,9
Богуславська	2	11,0 – 59,0	8	0,085 – 4,80
Велико-Анадольська	1	39,0	5	0,63 – 3,01

Для вивчення процесів формування стоку гірських річок у 1954 р. була організована Закарпатська ВБС. Вона знаходиться у верхів'ях басейну р.Ріки (Закарпатська область). Ця станція створена як база комплексних досліджень у гірському регіоні. Вона включає густу зливімірну мережу та 21-28 снігомірних маршрутів, що охоплюють висоти від 440 до 1200 м абс.

Богуславська ВБС – це експериментальна база Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. Вона існує як науково-дослідна гідрологічна лабораторія інституту. Район спостережень станції знаходиться в Богуславському та частково Миронівському районах Київської області. Це басейн р.Росі.

Для вивчення впливу лісу та лісових полежахисних полос на гідрологічний режим у степовій зоні була організована лісова гідрологічна станція Велико-Анадоль (1951 р.). Вона була розташована на водорозділі між басейнами Азовського моря і Дніпра (Волновахський район Донецької області). З 1953 р. це стокова, а потім воднобалансова станція. На станції велися спостереження за стоком води в чотирьох улоговинах при допомозі гідрометричних споруд (водозливів). У складі станції діяла опадомірна мережа.

Основне завдання воднобалансових досліджень – детальне вивчення умов і закономірностей водоутворення на малих водозборах з метою оцінювання процесів формування річкового стоку в залежності від ландшафтних умов місцевості. Особливо приділяється увага впливу лісу на формування стоку. З цією метою здійснюються гідрологічні й опадомірні спостереження на відкритих і залісених малих водозборах, як наприклад, на улоговинах “Лісний” і “Відкритий” Закарпатської ВБС.

Бучанська та Велико-Анадольська ВБС закриті в 60-х роках як нерепрезентативні. Протягом 70-90-х років на воднобалансових станціях скорочені обсяги гідрометеорологічних спостережень, що пов’язано у деяких випадках з відсутністю необхідного технічного оснащення.

Матеріали спостережень на воднобалансових станціях узагальнюються у вигляді щорічних звітів [2-5]. До 1990 р. вони були частково опубліковані, а за всі роки спостережень зберігаються в Галузевому державному архіві гідрометслужби.

Плани детальних спостережень на воднобалансових станціях орієнтуються на вирішення наукових питань, пов’язаних з формуванням стоку води в залежності від ландшафтних умов місцевості.

Процеси формування дощового стоку. Математична модель процесів формування дощового стоку складається із трьох ємностей, в яких відбувається створення та регулювання поверхневого, підповерхневого та підґрунтового стоку [8, 9]. Розрахункові вирази моделі описують основні елементарні процеси, що відбуваються на водозборі та в русловій мережі: випаровування, поверхневе затримання, інфільтрація води в ґрунт, накопичення її в підповерхневому шарі ґрунту, водоутворення, водовіддавання та стікання поверхневим і підповерхневим шляхом. У цій роботі, згідно з поставленою метою, розглядаються процеси формування стоку, які відбуваються лише на водозборі [7- 11, 13, 15, 18].

Інтенсивність випаровування розраховується за рівнянням

$$E(t) = [K_1 + K_2 v(t)] D(t) \exp [- d(t) / W_m], \quad (1)$$

де $d(t)$ - дефіцит вологості ґрунту, мм; $D(t)$ - дефіцит вологості повітря, гПа; $v(t)$ швидкість вітру, м/с; K_1, K_2 - параметри; W_m - максимальна вологоємність шару ґрунту, в якому формується підповерхневий стік.

Значення параметрів K_1 і K_2 оцінені за даними спостережень за випаровуванням з водної поверхні на Закарпатській ВБС. Їхні значення для 3-годинних проміжків часу: $K_1 = 0,025$, $K_2 = 0,010$.

Коефіцієнт фільтрації в нижчерозташовані горизонти i_0 встановлено за даними спостережень на малих річках і струмках Закарпатської ВБС. Його значення орієнтується на нижню частину кривої спаду, коли припиняється надходження води до замикального створу за рахунок поверхневого та підповерхневого стоку. Для гірських водозборів Карпат параметр i_0 коливається в межах 0,10-0,25 мм/3г.

Інтенсивність підповерхневого водоутворення $q_2(t)$ визначається в моделі шляхом воднобалансових рішень через параметри W_m і K_3 :

$$q_2(t) = \begin{cases} (W_m - d_m) / K_3, & q_2(t) \leq P(t) - E(t) - h(t) - i_0, \\ P(t) - E(t) - h(t) - i_0, & q_2(t) > P(t) - E(t) - h(t) - i_0. \end{cases} \quad (2)$$

У рівняннях (2) W_m - максимальна вологоємність діючого шару ґрунту та підґрунтя, мм; d_m - середній дефіцит вологості діючого шару ґрунту та підґрунтя, мм; K_3 - параметр вологоємності ґрунту; $P(t)$ - інтенсивність опадів, мм; $E(t)$ - інтенсивність випаровування, мм; $h(t)$ - інтенсивність затримання води в ґрунті, мм.

За даними спостережень на малих річках і струмках Закарпатської ВБС отримано максимальний шар підповерхневого стоку 6,0-7,5 мм/3г, а відношення параметрів $W_m / K_3 = 4,0 - 5,2$ мм/3 г. Такі числові показники відносяться до всіх 23 водних об'єктів Закарпатської ВБС.

У моделі дощового стоку фігурує показник діючої площі водозбору, де формується поверхневий стік. При високих паводках його значення відповідає коефіцієнтам стоку. Для карпатських річок вони досягають 0,60-0,80. Такі коефіцієнти стоку зафіксовані на водних об'єктах Закарпатської ВБС.

Процеси формування сніго-дощового стоку. Математична модель формування сніго-дощового стоку створена з орієнтуванням на існуючі процеси, які відбуваються на річковому водозборі під час сніготанення. В її структурі враховані особливості стокоутворення, властиві як рівнинним, так і гірським водозборам [12, 17, 18]. У моделі подані основні процеси, що відбуваються з моменту утворення снігового покриву до його повного зникнення, в тому числі характерні для регіонів із зимовими відлигами та переривистим перебігом сніготанення.

Водоутримуюча здатність снігового покриву визначається через його початкову вологоємність γ_0

$$\gamma_0 = (0,11/d) - 0,11, \quad (3)$$

де d - щільність снігу.

Щільність і вологоємність снігу змінюються в процесі танення снігу та випадіння твердих і рідких опадів.

В моделі розраховуються втрати на випаровування зі снігу та ґрунту. Інтенсивність інфільтрації оцінюється через параметри W_m і K_3 , що характеризують максимально можливі запаси води в підповерхневому горизонті та його дренажну здатність.

У складі розрахункових виразів моделі сніго-дощового стоку закладені параметри, які мають територіально загальний чи регіональний характер. До них відносяться параметри, що впливають на процеси водоутворення [7, 12]:

- K_d - коефіцієнт для обчислення зміни щільності снігу;
- K_n , K_n - коефіцієнти танення снігу в лісі та на відкритій місцевості;
- $K_{\Delta S}$ - параметр виразу для обчислення шару талої води, яка замерзла при поверненні холодів;
- K_E , K_E^M - параметри для обчислення інтенсивності випаровування з поверхні водозбору;
- K_3 - параметр, який визначає дренажну здатність підповерхневого шару ґрунту;
- W_m - максимальна вологоємність діючого шару ґрунту, в якому формується підповерхневий стік;
- i_0 - інтенсивність фільтрації води в горизонті, розташовані нижче підповерхневого шару (підґрунтя);
- η - відносний показник діючої площі водозбору;
- a, b - параметри для оцінювання товщини мерзлого шару ґрунту.

Більш детально опис розрахованих виразів моделі сніго-дощового стоку розглянуті в роботах [7, 12]. Нижче наведені значення оптимальних параметрів, отримані за даними досліджень на Придеснянській і Закарпатській ВБС. Деякі із цих параметрів слугують як оптимальні, а інші – як початкові при застосуванні оптимізаційних процедур (табл. 3).

Висновки. Викладені принципи оцінювання оптимальних параметрів математичних моделей процесів формування дощового і сніго-дощового стоку на основі досліджень воднобалансових станцій дозволяють застосовувати їх в розрахунках і прогнозуванні перебігу паводків і повеней на річкових водозборах.

Взаємодія підсистем моделей та елементарних процесів забезпечує імітацію формування стоку з часткових площ і висотних зон гірських водозборів, виділених з метою врахування їх просторової неоднорідності постів та ландшафтних особливостей річкового водозбору.

Таблиця 3. Оптимальні та початкові параметри математичної моделі процесів формування сніго-дошового стоку (Розрахунковий інтервал – 6 год.)

Параметр	Значення параметрів	
	для гірських водозборів	для рівнинних водозборів
K_d	$36 \cdot 10^{-5}$	$36 \cdot 10^{-5}$
K_a	0,30	0,30
K_n	0,45	0,45
$K_{\Delta S}$	0,24	0,24
K_E	0,13	0,13
K_E^M	0,10	0,10
K_3	5,0-8,0	30,0-70,0
W_m	40,0-70,0	130-180
i_0	0,10-0,25	0,01-0,05
η	0,60-0,80	0,15-0,40
a, b на відкритій місцевості	0,70 0,07	0,70 0,07
a, b в лісі шпильковому	0,57 0,10	0,57 0,10
a, b в лісі листяному	0,50 0,10	0,50 0,10

Список літератури

1. Лук'янець О.І. Ландшафтні характеристики як основа оцінювання параметрів математичних моделей формування стоку води / О.І. Лук'янець // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – №5. – С.78-84.
2. Соседко М.Н. Особенности применения математической модели формирования дождевого стока для расчета паводков в горной местности / М.Н. Соседко // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. – 1980. – Вып.181. – С.59-73.
3. Соседко М.Н. Порядок оптимизации параметров математической модели формирования дождевого стока, применяемой в условиях горной местности / М.Н. Соседко // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. – 1980. – Вып.183. – С.15-21.
4. Соседко М.Н. Опыт применения математического моделирования дождевого стока на горных реках Болгарии / М.Н. Соседко, Панайотов Т.П., Янков В.Р. // Гидрология и метеорология. – 1984. – № 3. – С. 3-12.
5. Соседко М.Н. Из опыта идентификации математической модели формирования дождевого стока на горных водозборах / М.Н. Соседко // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. – 1985. – Вып. 201. – С.40-50.
6. Соседко М.Н. Особенности моделирования процессов формирования тало-дождевого стока на горном водосборе / М.Н. Соседко // Тр. УкрНИГМИ. – 1987 – Вып. 220. – С.3-15.
7. Применение математических моделей в задачах расчета и прогноза дождевого стока (методическое руководство) / Соседко М., Димитров Д., Кочелаба Е., Янков В.. – София–К.,1990. – 118 с.
8. 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.
9. 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.
10. Sosedko M.M. Modelling snowmelt-induced processes in a mountain river basin given standard hydrometeorological data / M.M. Sosedko, E.I. Kochelaba.// JANS Publ. – 1986. – № 155. – P. 83-91.
11. Sosedko M., Lukjanets O. Landesweite Frühjahrsabflussvorhersagen in Gebirgsgebieten auf Grund der mathematischen Modellierung // XVII. Konferenz der Donauländer über hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen. – Budapest. –1994. – S.180-186.
12. Luk'yanets O., Sosyedko M. Die Struktur des Informations-und Vorhersagesystems im

Flußbecken der Theiss (in den Grenzen der Ukraine) // XX. Konferenz der Donauländer. – Bratislava. – 2000. Konferenzkurzfassungen – S.17 (Kompakt-Disk).

Оцінка параметрів математичних моделей річкового стоку на основі воднобалансових досліджень

Сусідко М.М., Лук'янець О.І.

Приведені загальні відомості про воднобалансові станції в Україні. Викладено перелік досліджень по формуванню стоку води на водних об'єктах і у межах їх водозборів.

Також викладено принципи ідентифікації оптимальних параметрів математичних моделей процесів формування дощового і сніго-дощового стоку з використанням воднобалансових досліджень на рівнинних і гірських водозборах. Практика свідчить про прийнятність таких підходів при розрахунках і прогнозування ходу стоку під час паводків і повенів.

Ключові слова: воднобалансові станції, дощовий стік, сніго-дощовий стік, математична модель, ідентифікація параметрів, оптимальні параметри моделі.

Оценка параметров математических моделей речного стока на основе воднобалансовых исследований

Сусідко М.М., Лук'янець О.І.

Приведены краткие сведения о воднобалансовых станциях в Украине. Изложен перечень исследований по формированию стока воды на водных объектах и в пределах их водосборов.

В статье изложены принципы идентификации оптимальных параметров математических моделей процессов формирования дождевого и снего-дождевого стока с использованием воднобалансовых исследований на равнинных и горных водосборах. Практика свидетельствует о приемлемости таких подходов при расчетах и прогнозировании хода стока во время паводков и половодий.

Ключевые слова: воднобалансовая станция, дождевой сток, снегодождевой сток, математическая модель, идентификация параметров, оптимальные параметры модели.

The estimation of mathematical models of river runoff on the basis of water balance researches

Sosyedko M.M., Luk'yanets O.I.

Brief data of water balance stations in Ukraine present. Enumeration of researches state for runoff formation in water bodies and within their catchments.

In the article present principles of optimum parameters indification of mathematical models of rainfall and snowmelt runoff processes with use of water balance researches on plain and mountain catchments. In practice is indicative of acceptability such approaches for estimation and forecasting of runoff during rainfall and spring floods.

Keywords : water balance stations, rainfall and snowmelt runoff processes, mathematical models, optimum parameters indification.

Надійшла до редколегії 04.02.10