

О.І.Лук'янець, М.М.Сусідко

**КОМПЛЕКСНА БАСЕЙНОВА СИСТЕМА
ПРОГНОЗУВАННЯ ПАВОДКІВ У ЗАКАРПАТТІ:
МЕТОДИЧНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНА БАЗА ЇЇ СКЛАДОВИХ**

Розглянуто науково-методичні засади створення басейнових прогностичних систем. На прикладі басейну р. Тиси показано застосування математичних моделей формування стоку води як основи методичної бази системи та її функціональних складових. Неоднорідність ландшафтних і гідрометеорологічних умов ураховано в системі через просторову структуру, яка складається з об'єктів трьох рівнів. Прийняті технологічні рішення дозволяють отримувати прогнозну продукцію з детальним просторово-часовим поданням. У статті викладено пропозиції щодо підвищення рівня ефективної реалізації можливостей прогностичної системи.

Актуальність проблеми

Територія Карпат належить до найбільш паводконебезпечного регіону України. Це стосується значною мірою також басейну р. Тиси, де спостерігаються часті дощові та сніго-дощові паводки, які нерідко набувають руйнівного за своїми наслідками характеру. Зважаючи на постійну загрозу від паводків, Карпатський регіон потребує належної уваги до себе щодо підвищення рівня інформативної здатності служби гідрологічного оповіщення. Вирішення цієї проблеми може бути забезпечено через створення басейнових прогностичних систем, які ґрунтуються на математичному моделюванні процесів формування річкового стоку. Завдяки застосуванню таких систем постає можливість охопити прогнозною продукцією всю територію та деталізувати її в часовому і просторовому аспектах.

Намагання застосувати математичні моделі процесів формування паводків і повеней із метою їх розрахунку та прогнозування висвітлено в багатьох наукових публікаціях переважно без зазначення конкретних практичних результатів. Досить плідні дослідження в цій галузі наведені в працях Гідрометцентру РФ, УкрНДГМІ та Одеського гідрометеорологічного інституту, як наприклад [1-3, 5, 10, 12-14, 17, 18].

У практиці підрозділів Державної гідрометеорологічної служби України застосовуються створені в УкрНДГМІ математичні моделі дощового та сніго-дощового стоку, які діють як структурні складові басейнових прогностичних систем. На цих засадах опрацьовані прогностичні системи також і для гірських басейнів Тиси, Дністра та Пруту [3, 10, 14, 17, 18], які впроваджені в оперативну діяльність Закарпатського, Львівського та Чернівецького обласних центрів із гідрометеорології. Вони слугують для короткотермінового прогнозування перебігу стоку (витрат/рівнів води) під час дощових і сніго-дощових паводків та довготермінового прогнозування характеристик весняної повені.

У вищезазначених публікаціях подано опис окремих, розроблених авторами статей, підсистем басейнових прогностичних систем або ж пояснено застосування деяких підходів чи врахування інформативної здатності існуючої мережі гідрометеорологічних спостережень до вирішення поставлених завдань. Автори вважають, що така інформація недостатня для уявлення про науково-методичні засади щодо побудови та функціональних можливостей басейнових прогностичних систем. Тому в цій статті на прикладі басейну Тиси вони намагаються висвітлити більш повно структуру басейнової системи та технологію її функціонування, які можуть слугувати взірцем для створення аналогічних систем, передусім у гірських регіонах.

Науково-методичні засади басейнових прогностичних систем

Зі створенням басейнових прогностичних систем, які ґрунтуються на математичному моделюванні повеней і паводків, з'являється можливість деталізувати прогнозну продукцію через її просторове подання, у тому числі і для водозборів, невивчених у гідрологічному відношенні. Крім того, запровадження басейнових систем сприяє комплексному дослідженню умов і процесів формування стоку води з урахуванням розмаїття ландшафтних особливостей річкових водозборів. А результати таких детальних досліджень сприяють, без сумніву, побудові просторової структури та повноцінних складових цих систем.

Прогностичні системи в Україні створюються та задіяні як у рівнинних, так і у гірських річкових басейнах. Вони слугують для довготермінового прогнозування характеристик весняної повені та

короткотермінового прогнозування перебігу стоку (витрат/рівнів води) під час дощових і сніго-дощових паводків.

Прогностичні системи діють на принципі змінних стану та базуються на використанні математичних моделей формування стоку. Структура та функціональні рішення моделей дощового та сніго-дощового стоку мають наступні особливості [3, 10, 14, 17,18]:

- ці моделі загальні для окремих генетично однорідних видів стоку води, а просторові та ландшафтні особливості формування паводків і повеней враховуються шляхом параметризації;
- кожний водозбір чи його часткова площа розглядаються як динамічна система, процеси в якій розвиваються безперервно в часі;
- моделі дозволяють врахувати просторові особливості чинників і ландшафтних умов певної місцевості.

Щоб врахувати неоднорідність ландшафтних і гідрометеорологічних умов, басейнові прогностичні системи в Карпатському регіоні мають просторову структуру, яка складається з об'єктів трьох рівнів: часткові басейни, часткові площі, висотні зони. При визначенні просторових структур систем враховані результати дослідження полів метеорологічних величин та інформаційна спроможність мережі спостережень.

Досягненню поставленого завдання – створенню басейнової прогностичної системи – передують вивчення та опрацювання низки методичних і технологічних питань. А деякі з них вирішуються одночасно з побудовою та випробуванням системи. Як показав досвід, до цих питань належать наступні:

а) визначення характеристик просторової структури полів метеорологічних величин, передовсім опадів за розрахункові проміжки часу (в Карпатах – це 6 і 12 год.);

б) оцінка репрезентативності мережі гідрометеорологічних спостережень та її інформативної здатності;

в) оцінка оптимальної деталізації просторової структури річкових водозборів (часткових басейнів, часткових площ, висотних зон) із метою врахування неоднорідності умов формування стоку; точність оцінювання середніх значень метеорологічних величин по часткових площах і висотних зонах;

г) обґрунтування підходів до технології оцінювання параметрів математичних моделей з урахуванням ландшафтно-гідрологічних умов [4, 6-8, 11];

д) узагальнення параметрів математичних моделей з метою визначення їх оптимальних значень для просторових об'єктів системи (у т.ч. для часткових площ, невивчених у гідрологічному відношенні);

е) розроблення методичних і технологічних рішень щодо застосування математичних моделей формування стоку води у складі басейнової прогностичної системи, маючи на увазі розширення обсягу прогностичної продукції.

Математичні моделі діють як складові прогностичних систем на кожному просторовому об'єкті з відповідними параметрами і гідрометеорологічними умовами цієї місцевості. У структурі математичних моделей відображені процеси що призводять до формування поверхневого та підповерхневого стоку, враховуються поверхневе затримання, інфільтрація, перерозподіл стоку в підповерхневому шарі ґрунту. У моделі сніго-дощового стоку імітуються також процеси снігонакопичення, сніготанення, промерзання та відтавання ґрунту, зміни зволоженості водозбору. Для ідентифікації модельних параметрів застосовується технологія, яка ґрунтується на принципі декомпозиції та залежності параметрів від ландшафтних показників [4, 11].

Прогнозування характеристик весняної повені здійснюються із завчасністю 20-30 діб із наступним уточненням у разі потреби. Перебіг стоку на карпатських річках (притоках Тиси, Дністра та Пруту) прогнозується із завчасністю 8-12 годин та одночасно оцінюється ймовірний його хід на наступні 48 годин для трьох можливих погодних ситуацій.

Просторова структура прогностичної системи в басейні Тиси

Як основа методичної бази прогностичної системи в басейні Тиси застосовані математичні моделі формування дощового та сніго-дощового стоку, а також похідні від них – локальні моделі. Структури цих моделей дають змогу врахувати неоднорідність водоутворення як за площею, так і в залежності від висоти місцевості, і відмінності в умовах переміщення паводкових хвиль річковою мережею. У басейні Тиси виділені просторові об'єкти – часткові басейни, часткові площі та висотні зони. На кожному з цих просторових об'єктів діють математичні моделі за відповідних оптимальних параметрів і метеорологічних умов, що складаються на певний термін.

Висотна зональність метеорологічних величин у Карпатах особливо відчутна в холодну пору року під час накопичення запасів води у снігові та перебігу процесів сніготанення. Враховуючи вертикальні градієнти температури повітря взимку та весною, у басейні Тиси виділено 5 висотних зон: 100-400, 400-600, 600-800, 800-1000 і вище 1000 м абс.

Просторова структура басейну Тиси, яка задіяна в системі, дозволяє найбільш повно використовувати інформативну здатність існуючої мережі гідрометеорологічних спостережень із метою розширення обсягу прогнозованої продукції (табл.1).

Таблиця 1

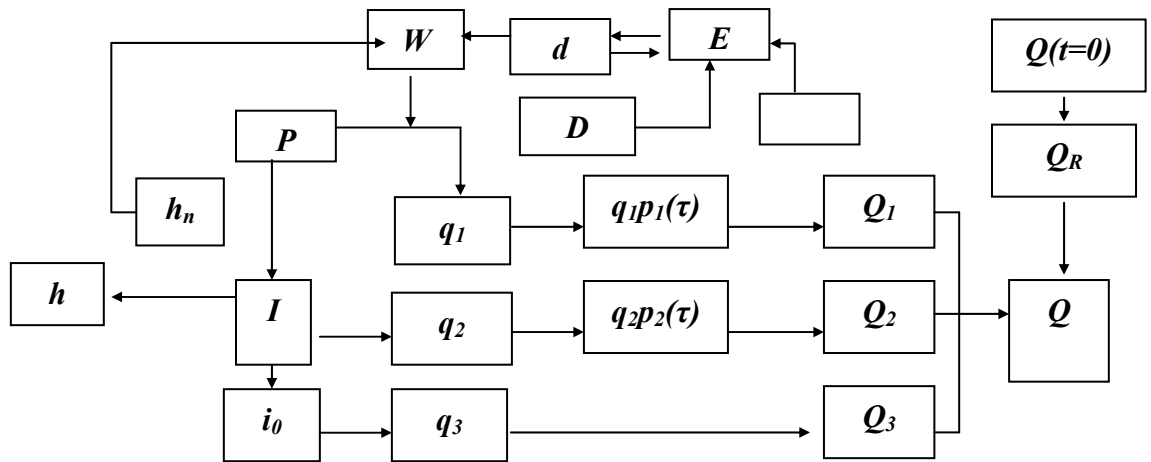
Часткові басейни та часткові площі у складі прогностичної системи басейну Тиси

Частковий басейн		Розміри часткових площ			
Річка – пост	Площа, км ²	1	2	3	4
Тиса – Рахів	1070	353	203	514	-
Тересва – Нересниця	1100	572	528	-	-
Ріка – Хуст	1130	554	576	-	-
Боржава – Шаланки	1100	408	692	-	-
Латориця – Мукачеве	1360	407	602	351	-
Уж – Ужгород	1970	653	627	454	236

Методична база прогностичної системи “Тиса”

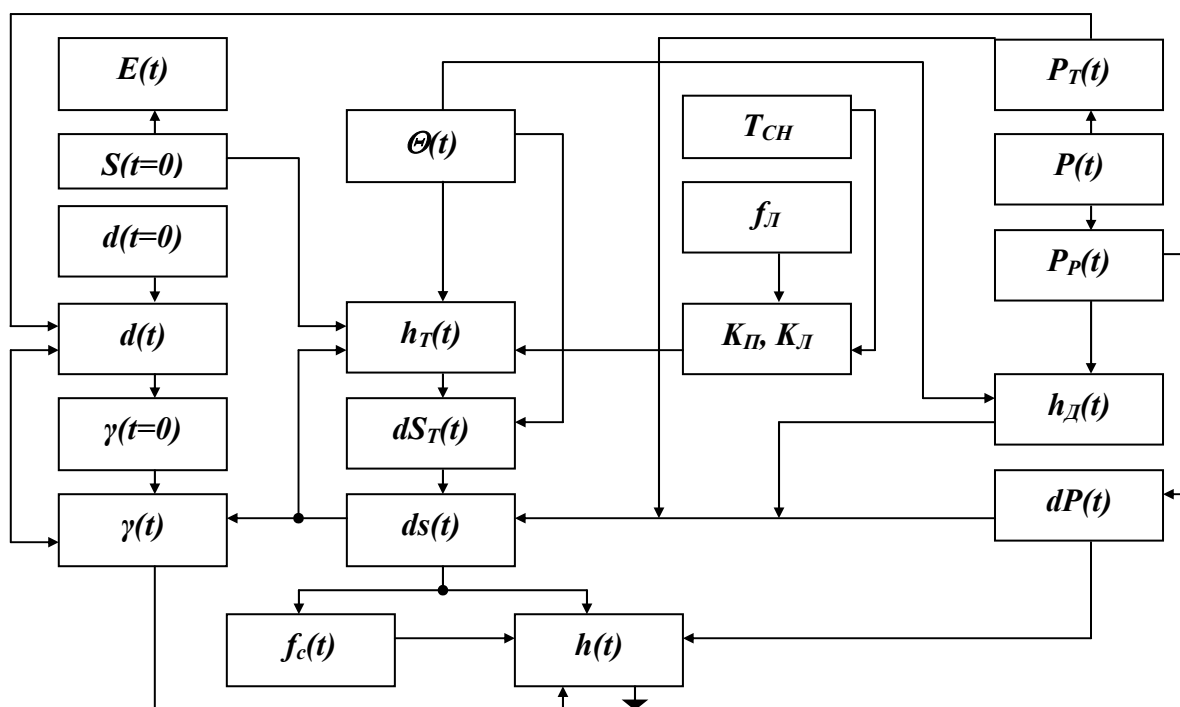
До складу системи “Тиса”, як методичні засади, залучено математичні моделі типу “опад-стік” і “сніготанення-стік”. При цьому мається на увазі те, що в загальному об’ємі паводкової хвилі взаємодіють чотири складові різного генетичного походження, якщо відносити їх до ситуації поточного паводку: поверхневий стік, підповерхневий стік, стік за рахунок виснаження запасів води, що накопичилися в русловій мережі перед поточним паводком, та підґрунтовий стік. Ця особливість формування стоку води з гірських водозборів урахована в математичних моделях дощового стоку ДОЩ-3 (рис.1) і сніго-дощового стоку СНІГ-3 (рис.2), які слугують основою методичної бази системи “Тиса” [5, 9, 12, 15, 16]. Ці моделі концептуальні (понятійні). В їхній структурі задіяна опріорна інформація про фізичні уявлення щодо гідрологічних і метеорологічних процесів, які призводять до водоутворення та перебігу

стоку води: поверхнєве затримання дощової та талої води, випаровування, інфільтрація, перерозподіл стоку в підповерхневому шарі ґрунту. У моделі сніго-дощового стоку імітуються також процеси снігонакопичення, сніготанення, промерзання та відтавання ґрунту, зміни зволоженості водозбору.



- P – інтенсивність опадів, мм;
 D – дефіцит вологості повітря, гПа;
 U – швидкість вітру, м/с;
 W – загальне зволоження водозбору, мм;
 d – дефіцит вологості ґрунту, мм; E – інтенсивність випаровування, мм;
 h_n – інтенсивність поверхневого затримання води, мм;
 h – інтенсивність затримання води в ґрунті, мм;
 I – інтенсивність інфільтрації, мм;
 i_0 – інтенсивність фільтрації води, мм;
 q_1, q_2, q_3 – інтенсивність поверхневого, підповерхневого і ґрунтового водоутворення, мм;
 $p_1(\tau), p_2(\tau)$ – функції впливу поверхневого і підповерхневого стоку;
 Q_1, Q_2, Q_3 – витрати поверхневого, підповерхневого та ґрунтового стоку, м³/с;
 Q_R – витрата води внаслідок виснаження запасів води, що знаходилися в річковій мережі на початок періоду розрахунку, м³/с;
 Q – витрата води із часткової площі водозбору, м³/с.

Рис.1. Структура паралельної підсистеми математичної моделі ДОЩ-3



$S(t=0)$ – початковий запас води у снігові, мм;
 $E(t)$ – інтенсивність випаровування, мм;
 $d(t=0)$ – початкова щільність снігового покриву, г/см³;
 $P_T(t)$ – кількість твердих опадів, мм;
 $d(t)$ – щільність снігового покриву на термін t , г/см³;
 $\gamma(t=0)$ – початкова вологоємність снігу;
 $\gamma(t)$ – вологоємність снігу на термін t ; $\Theta(t)$ – температура повітря, °C;
 $h_T(t)$ – інтенсивність танення снігу, мм;
 $dS_T(t)$ – замерзання талої води, мм;
 $ds(t)$ – зміна запасів води у снігові, мм;
 T_{CH} – період сніготанення;
 f_L – залісеність водозбору;
 $K_{П}, K_{Л}$ – коефіцієнти танення снігу на відкритій місцевості та в лісі;
 $P(t)$ – кількість опадів, мм;
 $P_P(t)$ – кількість рідких опадів, мм;
 $h_D(t)$ – інтенсивність танення снігу від дощу;
 $f_c(t)$ – ступінь покритості водозбору снігом;
 $dP(t)$ – затримання талої та дощової води на водозборі, мм;
 $h(t)$ – надходження води на водозбір (шар водовіддачі зі снігу) мм.

Рис.2. Структура підсистеми процесів сніготанення та водовіддавання математичної моделі СНІГ-3

Оскільки річкові водозбори (чи їх часткові площі) подаються в цих моделях як динамічні системи, модельні рішення кожного процесу формування стоку води здійснюються за принципом змінних стану, який умовно описується так:

$$st(t + \Delta t) = st(t) + V_{st} \Delta t, \quad (1)$$

де $st(t + \Delta t)$ і $st(t)$ – змінні стану (значення, рівні) гідрометеорологічної величини в моменти $t + \Delta t$ і t ; V_{st} – змінна, що визначає швидкість зміни стану; Δt – часовий крок.

Математичні моделі ДОЩ-3 і СНІГ-3 – це основні складові методичної бази прогностичної системи. За своєю структурою та функціональними можливостями ці моделі універсальні. Проте їх використання не на всій території басейну Тиси забезпечено необхідною гідрометеорологічною інформацією. Тим більше, що виникають потреби детального просторового прогнозування стоку води та екстраполяції його перебігу в часі, які вимагають додаткових методичних рішень. З цією метою опрацьовано локальні математичні моделі, які за своєю суттю є похідними від основних моделей, але можуть застосовуватися лише в системі “Тиса”. Нижче подано опис функціональних можливостей локальних моделей.

Модель ТИСА-3 призначена для короткотермінового прогнозування перебігу витрат/рівнів води на ділянці р.Тиса від смт Великого Бичкова до м.Чопа. Методичні засади моделі ґрунтуються на врахуванні розподілу водних мас по довжині річкової ділянки в початковий момент часу $\bar{Q}(t)$ та інтенсивності припливу води на ділянку $Q_{np}(t)$. Таким чином,

$$Q(t + \Delta t) = f[Q_{np}(t), \bar{Q}(t)], \quad (2)$$

де $Q(t + \Delta t)$ – витрата води біля нижнього створу ділянки через інтервал Δt .

Модель ТИСА-5. З її використанням здійснюється короткотермінове прогнозування перебігу стоку на притоках Тиси. В основу схеми прогнозування покладено розгляд витрати Q_i через i -тий замикальний створ водозбору на момент $t + \Delta t$, сформованої за рахунок двох чинників – скидання води із руслової мережі та припливу води ΔQ внаслідок випадіння дощу або сніготанення за період від $t - \Delta t$ до t , тобто

$$\begin{aligned} Q_i(t + \Delta t) &= Q_i(t + \Delta t, P = 0) + \Delta Q(t + \Delta t), \\ Q_i(t + \Delta t, P = 0) &= f_1[\bar{Q}(t)], \\ \Delta Q(t + \Delta t) &= \gamma^P(t - \Delta t, t), \\ \gamma(t, t + \Delta t) &= \phi[\bar{Q}(t)], \end{aligned} \quad (3)$$

де $P=0$ – відсутність опадів; $\bar{Q}(t)$ – середня витрата в річковій мережі; γ – коефіцієнт стоку. У моделі ТИСА-5 використовуються параметри функцій впливу, визначені для моделі ДОЩ-3.

Модель ТИСА-10 призначена для прогнозування максимальних витрат/рівнів води на малих гірських річках басейну Тиси під час дощових паводків. Параметри для всіх 21 створів отримані шляхом моделювання паводків за моделлю ДОЩ-3. Для визначення шару стоку (h), який відповідає максимальній витраті води, залучено дві найбільші ординати функції впливу (P_1, P_2), визначені моделюванням паводків:

$$h = h_1 P_2 + h_2 P_1, \quad (4)$$

де h_1 і h_2 – шари стоку за два суміжні інтервали. Прогнозування максимальної витрати, а через неї й рівня води, здійснюється поступово за 2-3 кроки в міру надходження інформації про опади.

Модель СЛОЙ-3. На її застосуванні ґрунтується довготермінове прогнозування характеристик весняного стоку. У структурі моделі враховані процеси, що відбуваються на поверхні водозбору протягом зимового сезону та призводять до накопичення снігового покриву, зміни зволоження та промерзання ґрунту, тобто створюють передумови до формування весняного стоку. Оскільки ці процеси відбуваються на території гірських водозборів з різною інтенсивністю внаслідок складних орографічних умов, вони розглядаються по висотних зонах з урахуванням ступеня їх залісеності. Оцінювання шару весняного стоку з виділених висотних зон часткових площ басейну здійснюється шляхом воднобалансового рішення.

Складові прогностичної системи “Тиса”

Басейнова прогностична система “Тиса” включає 5 підсистем, які охоплюють усю територію Закарпаття (рис.3):

- короткотермінове безперервне прогнозування перебігу стоку (витрат/рівнів води) під час дощових і сніго-дощових паводків із 6 приток р.Тиси – “Тиса-1”; ця підсистема складається із двох програмних комплексів;
- короткотермінове прогнозування витрат/рівнів води в 6 створах р.Тиси на ділянці Рахів-Чоп – “Тиса-3”;
- короткотермінове прогнозування перебігу стоку під час паводків з 5 приток р.Тиси за окремі проміжки часу – “Тиса-5Б”;

- короткотермінове прогнозування максимальних витрат/рівнів води у 21 створі на малих річках басейну Тиси – “Тиса-10”;
- довготермінове прогнозування характеристик весняного стоку (шарів, об’ємів, максимальних витрат/рівнів води) у 19 створах басейну Тиси для чотирьох погодних ситуацій – “Тиса-6В” [16, 17].

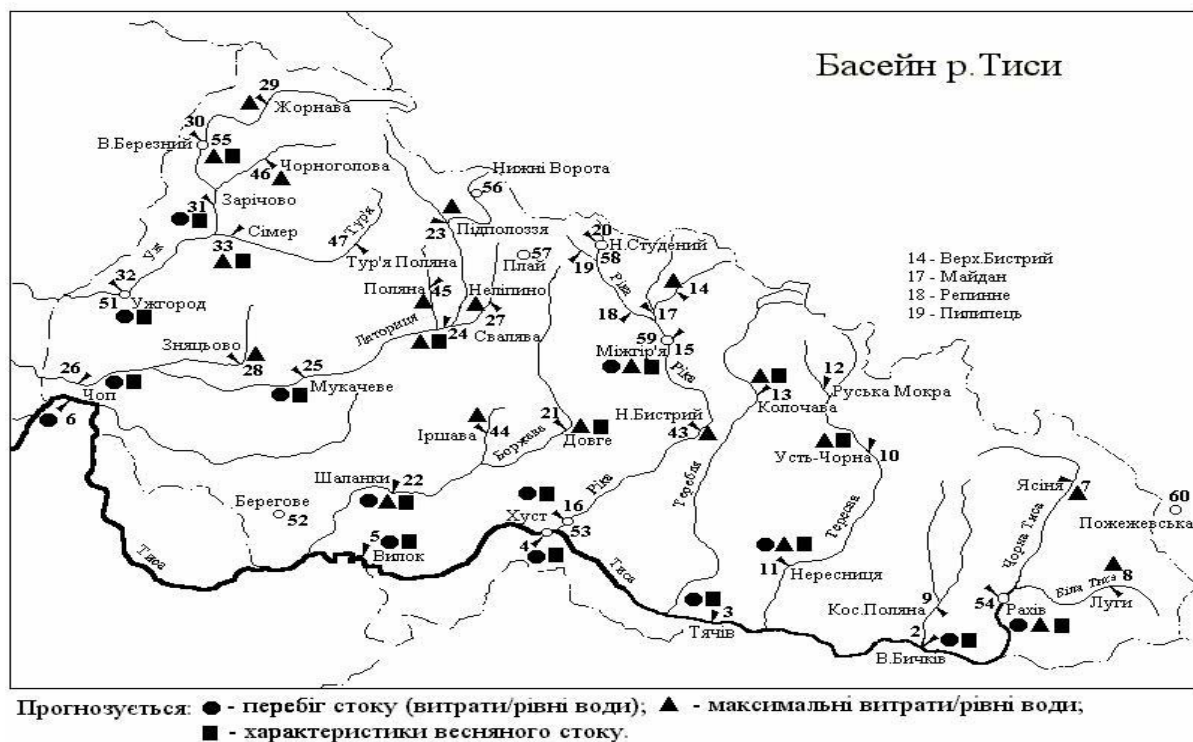


Рис. 3. Схема прогнозних створів (постів) у басейні Тиси

Отже, організація прогностичної системи для басейну Тиси у складі 5 підсистем дозволяє забезпечити дієвість її функціональних можливостей із різною деталізацією в часі та просторі.

Оцінювання точності прогнозів визначається через допустимі похибки, як імовірні відхилення передбачуваних значень від його середнього значення (при довготермінових прогнозах) або від його зміни за період завчасності (при короткотермінових прогнозах). При цьому при короткотерміновому прогнозуванні положення прогнозних величин подається в часі з точністю 4-6 годин.

Нижче наведені особливості функціонування підсистем (рис.4):

1. Підсистема “Тиса-1” реалізується через два програмні комплекси: DOSCH_3F (дощові паводки), SNIH_3F (сніго-дощові паводки). Розрахунковий інтервал в обох комплексах – 6 годин. Результати прогнозування подаються як прогнозні та ймовірнісні значення витрат і рівнів води через 6-годинні проміжки часу в табульованому та

графічному виглядах для трьох можливих ситуацій на період установлених завчасностей (прогнози на 6 і 12 год., імовірнісний перебіг на 18-84 год.) за умов збереження, зменшення та збільшення інтенсивності опадів чи сніготанення.

2. У підсистемі “Тиса-3” короткотермінового прогнозування перебігу стоку (витрат/рівнів води) на ділянці р.Тиса від смт Великого Бичкова до м.Чопа довжиною 231 км використовуються також відомості про рівні води з угорських постів Вашарошнамень (р.Тиса) і Ченгер (р.Самош). За відсутності інформації з цих постів підсистема діє лише на ділянці смт Великий Бичків - смт Вилочок (118 км). Прогнозування здійснюється із завчасністю від 6-8 до 24-30 год. (смі Вилочок). А у створах Вашарошнамень і Чоп - з різною завчасністю (34-38, 60-64 год. і 22-26, 84-88 год. відповідно), що дозволяє уточнювати попередні оцінки.

Слід зазначити, що на точність прогнозів у створах на р.Тиса впливає стан водозахисних дамб, побудованих уздовж річки. При їх руйнуванні великі об'єми річкової води заливають прирічкові території, внаслідок чого на окремих ділянках зменшуються максимальні витрати та знижуються рівні води (приблизно на 40-50 см). Такі ситуації виникали в листопаді 1998 р. та березні 2001 р.

3. Підсистема “Тиса-5Б” використовується для короткотермінового прогнозування перебігу стоку з водозборів Ужа, Латориці, Боржави, Тересви та Верхньої Тиси як паралельно з підсистемою “Тиса-1”, так і замість неї у випадку відсутності гідрометеорологічної інформації в детальному поданні, тобто допускається невимогливість до часової стабільності гідрометеорологічних даних. У підсистемі закладена можливість оцінювати ймовірнісний перебіг стоку води додатково на 6 годин поза межами прогнозу.

4. Підсистемою “Тиса-10” реалізується прогнозування максимальних витрат/рівнів води на малих гірських річках басейну в 21 створі. Потенційна завчасність прогнозів не перевищує 2-4 год. для водозборів до 400 км², а для більших – досягає 6-10 год. Технологія використання підсистеми - це поступове прогнозування максимальних рівнів води за паводки в міру надходження інформації про опади.

5. Підсистема довготермінового прогнозування весняного стоку “Тиса-6В” дозволяє отримувати із завчасністю 20-50 діб для чотирьох погодних ситуацій, імовірних у весняний сезон, наступну прогнозну продукцію:

- шари/об'єми стоку, максимальні витрати/рівні води в 19 створах;
- шари стоку з кожної висотної зони 6 часткових басейнів;
- об'єми стоку за межі Закарпаття - до Угорщини та Словаччини.

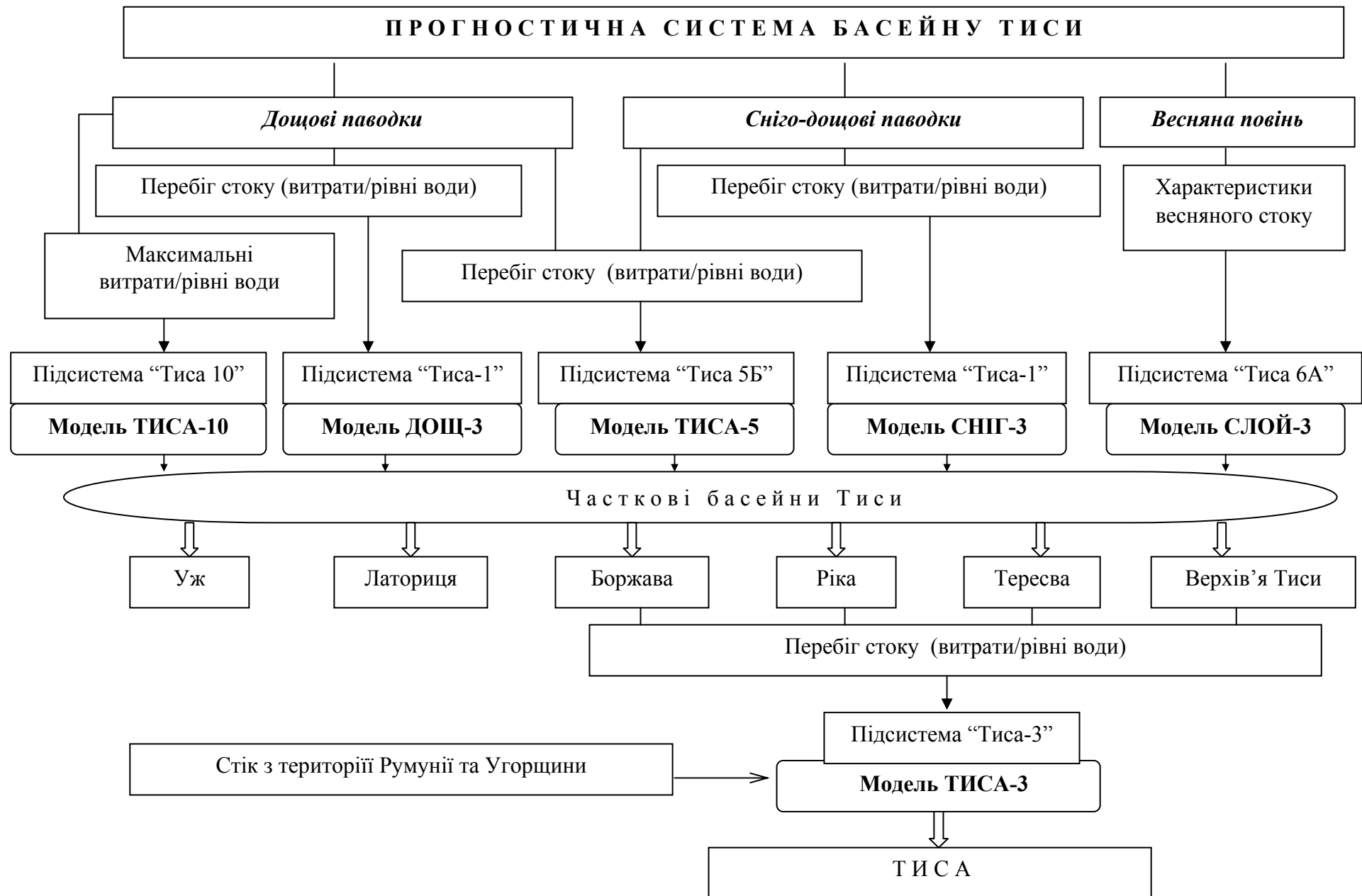


Рис.4. Загальна структура прогностичної системи в басейні Тиси

Прогнозування передбачено здійснювати в період з 11 лютого по 25 березня, тобто є можливість уточнювати попередньо видані прогнози якщо цього вимагає зміна гідрометеорологічної обстановки в басейні. Досвід показав, що в початкові строки прогнозування споживач змушений орієнтуватися на всі чотири ситуації, а з розвитком зимових процесів, у більшості випадків, звужується ймовірнісна невизначеність.

Шляхи удосконалення служби гідрологічного оповіщення в Карпатському регіоні

Істотне підвищення рівня інформативної здатності служби гідрологічного оповіщення в Карпатах можливе лише шляхом створення автоматизованих інформаційно-прогностичних систем, які б охоплювали всі технологічні процеси від спостережень до забезпечення споживачів інформаційною та прогнозною продукцією.

Реалізація в повному обсязі наявної методичної бази прогнозування гідрологічного режиму річок Карпатського регіону потребує:

- створення методичної бази прогнозування кількості опадів по орографічних районах Карпат;
- використання радіолокаційного методу вимірювання опадів із поданням їх у вузлах регулярної сітки (не рідше 10*10 км);
- технічного переоснащення мережі гідрометеорологічних спостережень і засобів передачі інформації.

Виконання вищезгаданих вимог дозволить збільшити завчасність прогнозування перебігу паводків.

Щодо комплексного прогнозування опадів мається на увазі прогнозування із завчасністю 12-24 години тих опадів, які пов'язані з переміщенням через територію Карпат фронтальних розділів, коли дощі охоплюють значні площі – більше 5-10 тис.км². Практичну цінність у гірських районах набувають прогнози опадів при дощах 20 мм і більше за 12 і менше годин.

Прогнозування кількості опадів буде ефективним, якщо його здійснювати по 5 орографічних районах Карпат:

- північно-західне Прикарпаття – басейн Дністра,
- південно-східне Прикарпаття – басейн Дністра,
- Буковинські Карпати – басейни Пруту та Сірету,
- південно-східне Закарпаття – басейн Тиси,
- північно-західне Закарпаття – басейн Тиси.

Висновки та пропозиції

Істотне підвищення рівня інформативної здатності служби гідрологічного оповіщення в Закарпатті забезпечується басейновою прогностичною системою.

Технологічні рішення, застосовані в системі, дозволяють отримувати прогнозу продукцію з детальним висвітленням просторових об'єктів. Слід мати на увазі при цьому, що математичне моделювання паводків із метою використання його результатів у системі потребує досконалого вивчення ландшафтних і гідрологічних умов у річковому басейні.

З метою підвищення функціональних можливостей прогностичної системи вона організована у складі 5 підсистем, через які здійснюється короткотермінове прогнозування перебігу стоку на р. Тиси та її притоках, а також довготермінове прогнозування характеристик весняного стоку.

Математичні моделі, задіяні в системі, надають можливість ймовірного передбачення процесів формування стоку з метою збільшення завчасності прогнозів. Цим самим значно підвищується інформативність прогнозової продукції.

Для вирішення проблеми ефективної реалізації можливостей прогностичної системи та збільшення завчасності прогнозування перебігу стоку в басейні Тиси необхідно створити методичну базу безперервного прогнозування кількості опадів по орографічних районах Карпат, задіяти радіолокаційний метод вимірювання опадів і здійснити технічне переоснащення мережі гідрометеорологічних спостережень і засобів передачі інформації.

Запровадження басейнових систем сприяє поглибленому комплексному вивченню умов і процесів формування стоку води з урахуванням розмаїття ландшафтно-гідрологічних особливостей річкових водозборів.

Досвід створення басейнової прогностичної системи в Закарпатті, яка ґрунтується на засадах математичного моделювання процесів формування стоку води, може слугувати взірцем для аналогічних систем у гірських регіонах.

* *

Рассмотрены научно-методические принципы создания бассейновых прогностических систем. На примере бассейна р. Тисы показано применение математических моделей формирования стока воды как основания методической базы системы и ее функциональных составляющих. Неоднородность ландшафтных и гидрометеорологических

условий учтены в системе пространственной структурой, которая состоит из объектов трех уровней. Принятые технологические решения позволяют получать прогнозную продукцию с детальным пространственно-временным представлением. В статье изложены предложения относительно повышения уровня эффективной реализации возможностей прогностической системы.

** **

1. *Корень В.И.* Математические модели в прогнозах речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 200 с.
2. *Кучмент Л.С.* Математическое моделирование речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 191 с.
3. *Лук'янець О.І.* Структурні складові системи прогнозування стоку в басейнах Пруту та Сірету // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2001. – Вип.249. – С.138-146.
4. *Лук'янець О.І.* Ландшафтні характеристики як основа оцінювання параметрів математичних моделей формування стоку води.// Наук. збірник КНУ “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія”. – 2003. - №5. – С.78-84.
5. *Соседко М.Н.* Особенности применения математической модели формирования дождевого стока для расчета паводков в горной местности // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. – 1980. – Вып.181. – С.59-73.
6. *Соседко М.Н.* Порядок оптимизации параметров математической модели формирования дождевого стока, применяемой в условиях горной местности // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. – 1980. – Вып.183. – С.15-21.
7. *Соседко М.Н.* Оценка точности расчета гидрографа с помощью функций влияния при неравномерном распределении водообразования по площади речного бассейна // Тр. УкрНИГМИ. – 1982. – Вып.190. – С.17-34.
8. *Соседко М.Н.* Из опыта идентификации математической модели формирования дождевого стока на горных водосборах // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. – 1985. – Вып. 201. – С.40-50.
9. *Соседко М.Н.* Особенности моделирования процессов формирования тало-дождевого стока на горном водосборе // Тр. УкрНИГМИ. – 1987 – Вып. 220. – С.3-15.
10. *Соседко М.Н.* Пример имитационной системы формирования стока в речном бассейне // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. – 1987. – Вып.222. – С.61-69.

11. *Соседко М.Н.* Особенности применения метода декомпозиции при идентификации системы формирования стока // Труды УкрНИГМИ. – 1988. – Вып.231. – С.3-13.
12. *Соседко М., Димитров Д., Кочелаба Е., Янков В.* Применение математических моделей в задачах расчета и прогноза дождевого стока (методическое руководство). – София-Киев. – 1990. – 118 с.
13. *Соседко М.Н., Лукьянец О.И.* Применение математической модели формирования дождевого стока с распределенными параметрами при краткосрочном прогнозировании паводков в горных районах // Тр. УкрНИГМИ. – 1993. – Вып. 245. – С.29-39.
14. *Сусідко М.М.* Математичне моделювання процесів формування стоку як основа прогностичних систем // Наук. збірник КНУ “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія”. – Том 1. – 2000. – С.32-40.
15. *Sosedko M.M, Kochelaba E.I.* Modelling snowmelt-induced processes in a mountain river basin given standard hydrometeorological data. JANS Publ., no 155, 1986, Budapest, pp.83-91.
16. *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.
17. *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).
18. *Luk'yanets O.* Strukturbesonderheiten des Abflußvorhersagesystems in den Pruth- und Siret- Flußbecken (in den Grenzen der Ukraine) // XXI.Konferenz der Donauländer. – Bucharest, 2002. – Kurzfassungen. – S.24 (Kompakt-Disk).

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут, Київ*