

<https://doi.org/10.26565/2410-7360-2026-64-22>

УДК 556.06.166 (282.247.324)

Довгострокове прогнозування шарів стоку весняного водопілля річки Десна

Борис Христюк¹,  <https://orcid.org/0000-0003-4290-3745>, e-mail: khryst@uhmi.org.ua

д. геогр. н., старш. дослідник, пров. наук, співробітник відділу гідрологічних досліджень

Жаннетта Шакірзанова²,  <https://orcid.org/0000-0003-0600-5657>, e-mail: jannettodessa@gmail.com

д. геогр. н., професор, професор кафедри гідрології суші, кафедра гідрології суші

¹ Український гідрометеорологічний інститут Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національної академії наук України, Київ, Україна,

² Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, Одеса, Україна

АНОТАЦІЯ

У період весняного водопілля річкою Десна надходять значні об'єми води до Канівського водосховища. Довгострокове прогнозування цих об'ємів дозволяє планувати виробіток електроенергії на Канівській ГЕС, питне та технічне водопостачання, регулювання стоку каскаду дніпровських водосховищ, зрошення, рибальство, водний туризм та відпочинок. За основу концептуальних моделей, а також методик довгострокового прогнозування параметрів весняного водопілля, зазвичай приймають метод водного балансу, який потребує значної кількості гідрометеорологічної інформації на водозбірній території річок. Разом з цим, недоступність гідрометеорологічних даних з російської частини водозбору Десни перешкоджає повноцінному застосуванню методу водного балансу для розроблення методики довгострокового прогнозування об'ємів (шарів стоку) весняного водопілля. Спроби замінити дані наземних спостережень на дані реаналізу (запаси води у сніговому покриві та глибина промерзання ґрунту на водозборі р. Десна), які містяться у базі даних ERA5-Land, виявилися невдалими. У тих випадках, коли гідрометеорологічної інформації недостатньо або вона відсутня чи недоступна, застосовують фізико-статистичні або статистичні методи прогнозування. Отже, у дослідженні розроблена методика довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля р. Десна – с. Літки на основі фізико-статистичного методу. Отримане регресійне прогнозне рівняння дозволяє прогнозувати шар стоку весняного водопілля за двома предикторами: мінімальною витратою води у першій та другій декаді лютого та середнім місячним значенням телеконнекційного паттерну ролеуг у серпні місяці. Перший предиктор характеризує зволоженість ґрунтів водозбору річки і, відповідно, потенційні втрати стоку на інфільтрацію, а другий – синоптичні процеси, які, за нашим припущенням, визначають надходження вологи на водозбір річки у зимово-весняний період. Методика прогнозування має статистичну оцінку якості «задовільно» при допустимій похибці перевірочних прогнозів на рівні 15 мм, визначеній за період 1973-2020 рр. Ймовірність неперевищення допустимої похибки становить 69 %, а відношення середньої квадратичної помилки перевірочних прогнозів ($\bar{s}$) до середнього квадратичного відхилення прогнозованої величини ($\bar{\sigma}$), тобто $\bar{s}/\bar{\sigma}$, склало 0,77. Після подовження ряду спостережень за шарами стоку р. Десна – с. Літки за даними спостережень р. Десна – м. Чернігів, допустима похибка зросла до 21 мм, що покращило оцінку якості методики від «задовільної» до «доброї».

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ :

Рукопис надійшов
30 березня 2026

Отримано після рецензування
5 травня 2026

Затверджено до друку
25 травня 2026

Опубліковано онлайн
30 травня 2026

Ключові слова :

весняне водопілля, шар стоку, телеконнекційні індекси та паттерни, водний баланс, фізико-статистичний метод, довгострокове прогнозування, Десна, методика.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз процесів, які відбуваються на басейнах річок у період формування весняного водопілля та чинників, що їх зумовлюють був здійс-

нений зусиллями багатьох учених-гідрологів ще впродовж минулого століття [1, 2]. У їхніх працях встановлено, що шари стоку та максимальні витрати води весняного водопілля залежать від запасів води у сніговому покриві на території водозбору річки, ступеня зволоженості

Як цитувати : Христюк Борис, Шакірзанова Жаннетта (2026). Довгострокове прогнозування шарів стоку весняного водопілля річки Десна. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Серія «Геологія. Географія. Екологія», (64), 293–301. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2026-64-22>



© Борис Христюк, Жаннетта Шакірзанова, 2026
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

грунту та глибини його промерзання, наявності рослинного покриву та заболоченості, опадів та випаровування впродовж весняного водопілля, втрат на інфільтрацію і заповнення безстічних ділянок водозбору, а також від інтенсивності сніготанення, яка у свою чергу залежить від гідрометеорологічних умов розвитку весняних процесів. Усі перераховані вище чинники входять до рівняння водного балансу весняного водопілля, мм [3]:

$$Y = S + N_s + N - P, \quad (1)$$

де Y – шар стоку весняного водопілля; S – запас води у сніговому покриві; N_s – норма кількості опадів, які випадають на сніговий покрив; N – норма кількості опадів, які випадають на поверхню водозбору після танення снігового покриву; P – сумарні втрати стоку на інфільтрацію, випаровування, затримку у безстічних областях водозбору.

Рівняння водного балансу було покладене в основу методики довгострокового прогнозу шару талого стоку весняного водопілля за даними про максимальні запаси води у сніговому покриві, у сумі з опадами періоду сніготанення, та характеристикою вологопоглинаючої здатності ґрунтів у басейнах річок Десни біля м. Розльоти та м. Чернігова, а також Сейму біля с. Мутин. Ця методика була розроблена науковцями Українського гідрометеорологічного інституту у 1988 році [4]. Загальний шар стоку весняного водопілля у цій методиці розраховувався як сума талого, підземного та дощового стоку (після сходу снігового покриву). Останні дві складові приймалися у вигляді середньої багаторічної величини. Втрати талого стоку на інфільтрацію у ґрунти та поверхневу затримку визначалися у залежності від глибини промерзання ґрунту та його вологості.

На основі вирішення рівняння водного балансу в Українському гідрометеорологічному інституті була розроблена математична, а вірніше, сучасною термінологією, концептуальна модель «СЛОЙ-2», яка використовується в оперативній практиці Українського гідрометеорологічного центру для довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля рівнинних річок України [5]. У моделі враховуються процеси промерзання та відтавання ґрунту, зміна зволоженості водозборів, динаміка накопичення снігу і сходу снігового покриву безупинно впродовж зимово-весняного сезону з урахуванням залісеності водозборів. Модель «СЛОЙ-2» дозволяє представляти прогнозні шари стоку у картографічному вигляді, а також у ймовірнісній формі за різними сценаріями розвитку весняних процесів.

У праці Шакірзанової [1] розроблено метод територіального довгострокового прогнозу ша-

рів стоку весняного водопілля на річках рівнинної території України (у басейнах правобережжя Прип'яті, Десни, інших приток Середнього і Нижнього Подніпров'я, Сіверського Дінця, Південного Бугу, річок північно-західного Причорномор'я). В якості методичної бази цього методу прийняті залежності модульних коефіцієнтів шарів стоку від сумарних запасів води у сніговому покриві та весняних опадів, виражених відносно їхнього середнього багаторічного значення для річок, по яких є багаторічні ряди гідрометеорологічних спостережень. Прогнозування весняного стоку здійснюється в методі при передчасному визначенні типу розвитку весняних процесів при використанні багатомірної статистичної моделі дискримінантного аналізу, яка враховує різноманітне сполучення впливів гідрометеорологічних чинників на формування тало-дощового стоку весняного водопілля річок. Кількісні значення прогнозних модульних коефіцієнтів шарів стоку отримуються за регіональними залежностями, а самі величини шарів стоку - шляхом їх помноження на середньобагаторічний шар стоку водопілля. Для басейну р. Десна результати застосування цього підходу показано у праці [6].

Серед закордонних моделей, які застосовуються для довгострокового прогнозування водного стоку річок, відомими є модель SSARR (Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation model) та модель HBV (Hydrologiska Byrans Vatten balansavdelning model) [7, 8]. Обидві моделі є концептуальними та розроблені на основі методу водного балансу. Вони дозволяють поділяти водозбір річки на області з урахуванням висоти над рівнем моря, кількості опадів, вологості ґрунту, умов випаровування та транспірації. Обидві моделі моделюють водний стік, який формується як від випадіння дощів на водозбір річки, так і від танення снігового покриву [9, 10]. Для довгострокового прогнозування водного стоку у цих моделях використовуються історичні метеорологічні ряди. Для басейну річки Десна адаптована модель SWAT (Soil and Water Assessment Tool), яка дозволяє прогнозувати гідрограф стоку на основі даних про ґрунти, землекористування, метеорологічні умови тощо [11]. Разом з цим, ця модель використовується для короткострокового та дуже довгострокового прогнозування (декілька десятиліть) [12, 13].

У випадках, коли інформація про гідрометеорологічні умови у басейні річки обмежена або відсутня, для довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля річок використовують методи, які засновані на дослідженні часових рядів, за умови, що витрата води у замикальному створі є надійною характеристикою стану водозбору річки [14-17]. Регресійні моделі, в яких

сезонний стік прогнозується у залежності від попередніх гідрологічних та кліматичних змінних, можна розглядати як особливий випадок методу аналізу часових рядів [18–20].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Довгострокове прогнозування шару стоку весняного водопілля р. Десни є важливим з огляду на те, що р. Десна формує боковий приплив до Канівського водосховища, яке у свою чергу використовується для виробітку електроенергії на Канівській ГЕС, питного та технічного водопостачання, регулювання стоку каскаду Дніпровських водосховищ, зрошення, рибальства та рекреаційних потреб [21, 22]. Річка Десна є транскордонною річкою (рис. 1). На території України розташовано 46 % її водозбірної території, а решта – на території російської федерації. Довгострокове прогнозування водного стоку р. Десна за методичними підходами, які розроблено у працях [1, 4, 5] виконується у відділі гідрологічних прогнозів Українського гідрометеорологічного центру ДСНС України (далі – УкрГМЦ). Станом на сьогодні застосування цих методик в оперативній діяльності УкрГМЦ, їхнє оновлення та вдосконалення неможливе через відсутність обміну гідрометеорологічною інформацією між Україною та російською федерацією, що пов'язано з російсько-українською війною.

Метою дослідження є розроблення методики довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля р. Десна – с. Літки на основі фізико-статистичного методу.

Матеріали та методи дослідження. Річка Десна починається з боліт, розташованих поблизу м. Єльня, Смоленської області, російської федерації, на висоті 238 м над рівнем моря та впадає у річку Дніпро біля Києва на висоті 92 м над рівнем моря (рис. 1) [23]. Загальна площа водозбору р. Десни становить 88900 км², а довжина – 1126 км.

Клімат у басейні Десни помірно-континентальний. Найхолоднішим місяцем року є січень, а найтеплішим – липень. Середня річна кількість опадів, зокрема, за даними спостережень метеорологічної станції Брянськ, становить 570–620 мм, які випадають, переважно, у теплу пору року (69% від річної кількості) [24].

Річка Десна належить до рівнинних річок та має переважно сніго-дощове живлення. Водний режим річки характеризується щорічними весняними водопіллями різної висоти і тривалості та відносно низькою літньо-осінньою меженню [24]. Весняне водопілля на річці Десна формується переважно у верхній частині водозбору, тобто на території російської федерації, де більш суворий клімат, вища залісеність та більші запа-

си води у сніговому покриві. У період весняного водопілля стік річки становить до 57 % річного стоку. Зимом та восени стік складає по 13 % річного стоку, а влітку – 17 % [25].

У дослідженні використано дані спостережень (показники стоку весняного водопілля) на гідрологічних постах р. Десна – с. Літки за період 1973–2023 рр. та р. Десна – м. Чернігів за період 1884–2020 рр., які опубліковані у довідниках Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського.

В оперативній діяльності УкрГМЦ найбільше застосування знайшла методика, яка розроблена у праці Пашової та ін. [4]. Саме тому для оцінювання можливості застосування у цій методиці даних реаналізу, замість даних наземних спостережень, використано їхні значення з сайту ERA5-Land, створеного Службою зміни клімату Copernicus (C3S) в Європейському центрі середньострокових прогнозів (ECMWF) [26].



Рис.1. Схема розташування басейну річки Десна /
Fig. 1. Location scheme of the Desna River basin

Для розроблення нової методики довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля р. Десни використані значення телеконнекційних індексів та паттернів, які наведені на сайті Національного управління океанічних і атмосферних досліджень США (NOAA USA) [27]. Оцінювання якості розробленої методики виконано згідно до вимог діючого керівного документу [28].

У дослідженні застосовані методи кореляційного та регресійного аналізу, які дозволили знайти прогностичну залежність, а також статистичні та експертні методи аналізу, порівняння та узагальнення інформації.

Результати і їхнє обговорення

Недоступність сучасних даних гідрометеорологічних спостережень на частині водозбору р. Десна, яка розташована на території російської федерації, не дозволяє застосувати рівняння водного балансу для розроблення методики прогнозування шарів стоку весняного водопілля для гідрологічного поста р. Десна –

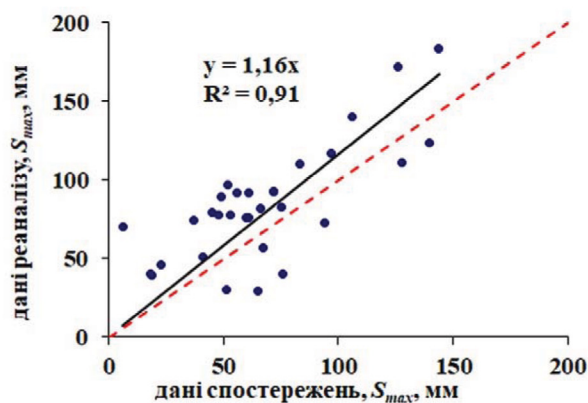


Рис. 2. Порівняння максимальних запасів води у сніговому покриві, які визначені за даними спостережень та за даними реаналізу на водозборі р. Десна – Чернігів, 1960–1990 рр.

Fig. 2. Comparison of maximum water equivalent of snow cover, determined according to observational data and reanalysis data in the Desna River – Chernihiv city catchment, 1960–1990

с. Літки. Спроби оцінити запаси води у сніговому покриві та глибину промерзання ґрунту на російській частині водозбору річки Десни за даними реаналізу виявилися невдалими. Дані реаналізу про температуру ґрунту на різних глибинах виявилися малоінформативними, а дані про запаси води у сніговому покриві (водний еквівалент) – сумнівними. Зокрема, порівняння значень максимальних запасів води у сніговому покриві водозбору р. Десна – м. Чернігів за період 1960-1990 рр., визначених за даними гідрометеорологічних спостережень у

методиці Пашової та ін. [4] та за даними реаналізу показує значні розходження в окремі роки та систематичне завищення значень реаналізу (рис. 2).

Окрім того, шари стоку весняного водопілля значно краще корелюють з максимальними запасами води у сніговому покриві на водозборі р. Десна – Чернігів, які визначені за даними спостережень (рис. 3а) ніж з тими ж запасами, які визначені за даними реаналізу (рис. 3б).

Враховуючи відсутність необхідної гідрометеорологічної інформації, методика довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля р. Десна – с. Літки була розроблена на основі фізико-статистичного методу. В якості предикторів для прогнозування шарів стоку весняного водопілля р. Десна – с. Літки були вибрані максимальний запас води у сніговому покриві (водний еквівалент) на водозборі за даними реаналізу, мінімальна витрата води у лютому місяці (з 1 по 21 лютого) та середнє місячне значення телеконнекційного паттерну *poleur* у серпні місяці (*poleur* 8) з сайту NOAA USA [27]. Цей паттерн був вибраний з 35 інших паттернів та індексів. Телеконнекційний паттерн *poleur* 8 визначається характером атмосферної циркуляції над полярним регіоном та північною частиною Монголії та Китаю. Середні місячні значення телеконнекційного паттерну за серпень (*poleur* 8) найкраще корелюють з шарами стоку весняного водопілля р. Десна – с. Літки за період 1973-2020 рр. у порівнянні з іншими телеконнекційними індексами та паттернами.

Максимальний запас води у сніговому покриві (водний еквівалент) на водозборі характеризує прибуткову частину водного балансу, мінімальна витрата води у лютому місяці (з 1 по 21 лютого) дає уявлення про зволоженість ґрунтів водозбору і, відповідно, потенційні втрати стоку на інфільтрацію, а середнє

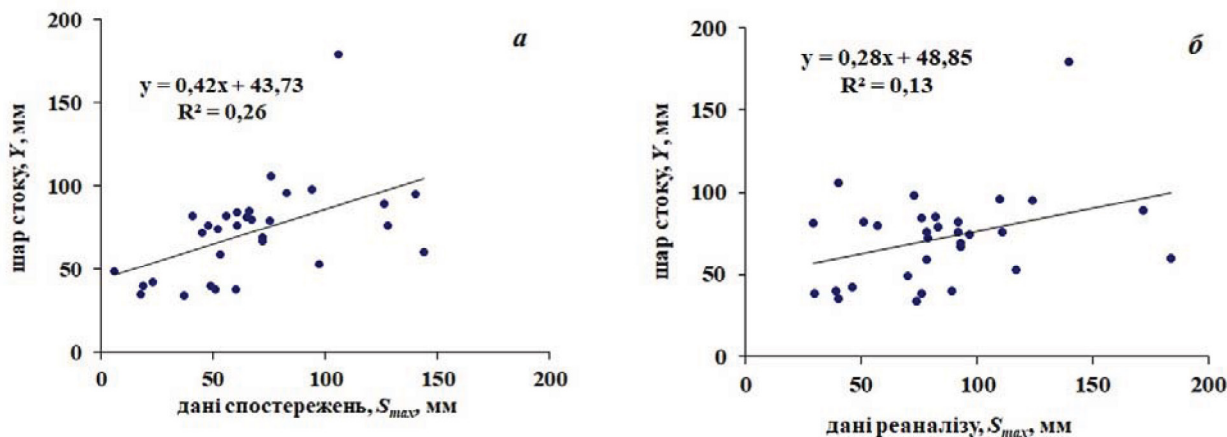


Рис. 3. Залежності між шарами стоку весняного водопілля та максимальними запасами води у сніговому покриві на водозборі р. Десна – Чернігів, які визначені за даними спостережень (а) та за даними реаналізу (б), 1960-1990 рр. /

Fig. 3. Dependencies between the runoff depth of spring flood and the maximum water equivalent of snow cover in the Desna River – Chernihiv city catchment, determined according to observation data (a) and reanalysis data (b), 1960-1990

Таблиця 1 / Table 1

**Кореляційна матриця предикторів для прогнозування шарів стоку
весняного водопілля р. Десна – с. Літки, 1973-2020 рр. /
Correlation matrix of predictors for forecasting of runoff depth of spring flood
of the Desna River – Litky village, 1973-2020**

	Y	Smax	Qmin	poleur 8
Y	1,00			
Smax	0,25	1,00		
Qmin	0,40	-0,06	1,00	
poleur 8	-0,55	-0,34	-0,15	1,00

місячне значення телеконнекційного паттерну *poleur* у серпні місяці характеризує синоптичні процеси, які, за нашим припущенням, визначають надходження вологи на водозбір річки у зимово-весняний період.

Після побудови кореляційної матриці було виявлено відсутність статистично значимої кореляції між шарами стоку весняного водопілля та максимальними запасами води у сніговому покриві за даними реаналізу (табл. 1). Разом з цим, максимальні запаси води у сніговому покриві корелюють з телеконнекційним паттерном *poleur 8*. Отже, у прогностичне регресійне рівняння (2) увійшли тільки два предиктори: мінімальна витрата води (Q_{min}) перед початком водопілля (1-21 лютого) та середнє місячне значення телеконнекційного паттерну у серпні місяці (*poleur 8*):

$$Y = 0,081 \cdot Q_{min} - 10,814 \cdot poleur\ 8 + 42,72 \quad (2)$$

Випуск прогнозу шару стоку весняного водопілля на гідрологічному посту р. Десна – с. Літки за рівнянням (2) можливий не раніше 21 лютого, оскільки одним з предикторів є мінімальна витрата води, яка визначається за період 01-21 лютого. Допустима похибка перевірочних прогнозів, визначена за даними спостережень за шарами весняного стоку р. Десна – с. Літки за період 1973 – 2020 років, становить 15 мм. Статистична перевірка прогностичної залежності (2) за залежними даними показала, що у 33 випадках із 48 похибка прогнозування не перевищує допустиму похибку (15 мм). Отже, ймовірність неперевищення допустимої похибки становить 69 %, що відповідає оцінці якості методики «задовільно» згідно [28]. Відношення середньої квадратичної похибки перевірочних прогнозів ($\bar{S}$) до середнього квадратичного відхилення прогнозованої величини ($\bar{\sigma}$), тобто $\bar{S} / \bar{\sigma}$, склало 0,77.

Слід зазначити, що у період 1973-2020 рр. на річці Десна не було значних весняних водопілля. Найбільший шар стоку весняного водопілля спостерігався у 1998 році та становив 105 мм. За даними спостережень р. Десна – м. Чернігів, де спостереження розпочалися у 1884 році, найбільший шар стоку весняного водопілля був у 1931 році та становив 175 мм.

Також значні шари стоку весняного водопілля були відмічені у 1970 (174 мм), 1942 (165 мм), 1895 та 1917 (164 мм) і 1908 (153 мм) роках. Зважаючи на короткий ряд спостережень за параметрами весняного водопілля р. Десна – с. Літки, цей ряд був подовжений на основі кореляційного зв'язку з рядами шарів стоку р. Десна – м. Чернігів за спільний період спостережень 1973-2020 років (рис. 4). Допустима похибка прогнозування шару стоку весняного водопілля р. Десна – с. Літки, визначена за подовженим рядом, становить 21 мм. Збільшення допустимої похибки покращує оцінку якості методики з «задовільної» до «доброї», оскільки ймовірність неперевищення допустимої похибки зростає з 69 % до 85 %.

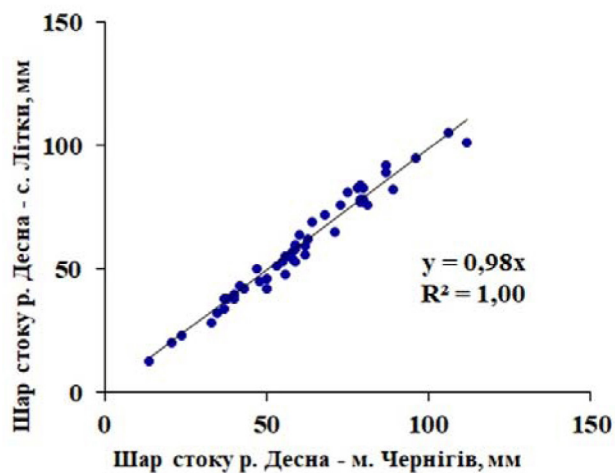


Рис. 4. Залежність між шарами стоку весняного водопілля р. Десна – м. Чернігів та р. Десна – с. Літки, 1973-2020 рр.

Fig. 4. Dependence between the runoff depths of spring flood on the Desna River – Chernihiv city and the Desna River – Litky village water gauges, 1973-2020

Використаний у роботі фізико-статистичний підхід дозволив розробити методику довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля р. Десна, в якій використовується тільки два предиктори, значення яких доступні на момент випуску прогнозу. Отриманий результат є важливим в умовах недоступності гідрометеорологічної інформації зі стокоформуючої частини басейну р. Десна. Отже, розроблена методика

може використовуватися в оперативному прогнозуванні шарів стоку весняного водопілля р. Десна в УкрГМЦ.

Зазначимо, що у світі, незважаючи на розвиток детерміністичного моделювання водного стоку річок, регресійні залежності відіграють суттєву роль у гідрологічному прогнозуванні. Так, наприклад, у праці [29] показано, що прогнозування характеристик стоку річок за ансамблем регресійних залежностей дало кращий результат у порівнянні з двома концептуальними гідрологічними моделями для 605 водозборів Австралії. У праці [30] за даними 1885 водозборів, які розташовані по всьому світу, розроблена глобальна регресійна модель для оцінювання середньорічного стоку води річок, яка показала кращий результат у порівнянні з глобальною гідрологічною моделлю PCR-GLOBWB.

Висновки

Водний стік річки Десни є основною складовою бокового припливу до Канівського водосховища. Зважаючи на недоступність даних сучасних наземних гідрометеорологічних спо-

стережень на російській частині території водозбору річки Десни, а також на неможливість заміни цих даних даними реаналізу, нами розроблено методику довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля р. Десна – с. Літки на основі фізико-статистичного методу. До складу прогнозного регресійного рівняння увійшли два предиктори: мінімальна витрата води у першій та другій декаді лютого та середнє місячне значення телеконнекційного паттерну *poleur* у серпні місяці. Якщо перший предиктор характеризує зволоженість ґрунтів водозбору річки і, відповідно, втрати на інфільтрацію, то другий – синоптичні процеси, які, за нашим припущенням, визначають надходження вологи на водозбір річки у зимово-весняний період. Статистична перевірка методики за залежними даними показала, що при допустимій похибці 15 мм, яка визначена за період 1973-2020 роки, якість методики відповідає оцінці «задовільно», а при допустимій похибці 21 мм, яка визначена за період 1884-2020 роки, – оцінці «добре». Наступним кроком дослідження може бути оцінка якості методики за незалежними даними.

Дане дослідження виконано згідно держбюджетної теми 2/24 «Удосконалення методу довгострокового прогнозу припливу води річки Десни до Канівського водосховища в сучасних кліматичних умовах» Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України (№ державної реєстрації 0124U000781).

This research was carried out according to the state budget topic 2/24 "Improving the method of long-term forecasting of water inflow of the Desna River to the Kaniv Reservoir in modern climatic conditions" of the Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Emergency Service of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine (state registration number 0124U000781).

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

Конфлікт інтересів: автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Декларація про використання генеративного штучного інтелекту: автори підтверджують, що під час підготовки рукопису не використовувалися інструменти штучного інтелекту.

Authors Contribution: All authors have contributed equally to this work

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest

Declaration of use of generative artificial intelligence: The authors confirm that no AI tools were used during the preparation of the manuscript.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

REFERENCES

1. Шакірманова, Ж.Р. (2015). Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля річкових та естуаріїв території України: монографія. Одеса: ФОП Бондаренко М.О.
2. Guide to Hydrological Practices (2009). Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices. Vol. II. Sixth edition. WMO-No. 168. Geneva: World Meteorological Organization.
3. Руководство по гидрологическим прогнозам (1989). Вып. 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. Ленинград: Гидрометеоиздат.
4. Пашова, Л.Т., Кочелаба, Е.И., & Водоласков, В.П. (1988). Разработка метода долгосрочного прогноза весеннего стока рек бассейна Верхнего Днепра, формирующих приток воды в Киевское и Каневское водохранилища. Отчет о НИР. Киев: Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт.
5. Кочелаба, Е.И., Окорский, В.П., & Соседко, М.Н. (1990). Математическое моделирование процессов формирования
1. Shakirmanova, Z.R. (2015). Long-term forecasting of the characteristics of the maximum spring runoff of plane rivers and estuaries in Ukraine: monograph. Odesa: FOP Bondarenko M.O. [in Ukrainian]
2. Guide to Hydrological Practices (2009). Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices. Vol. II. Sixth edition. WMO-No. 168. Geneva: World Meteorological Organization.
3. Guide to hydrological forecasts (1989). Vol. 1. Long-term forecasts of elements of the water regime of rivers and reservoirs. Leningrad: Hydrometeoizdat.
4. Pashova, L.T., Kochelaba, E.I., & Vodolaskov, V.P. (1988). To develop a method of long-term forecasting of the spring runoff of rivers of the Upper Dnieper basin, forming the inflow of water into the Kyiv and Kaniv reservoirs. Report. Kyiv: Ukrainian Research Hydrometeorological Institute.
5. Kochelaba, E.I., Okorsky, V.P., & Sosedko, M.N. (1990). Mathematical modeling of flood runoff formation processes on the

- половодного стока на території Полесся з урахуванням теплових явищ. Труды УкрНИГМИ, 235, 3–18.
6. Шакіряннова, Ж.З., Перевозчиков, І.М., & Шевченко, О.П. (2023). Застосування методу територіальних довгострокових прогнозів для визначення максимальних витрат води в умовах формування весняного водопілля 2022–2023 року в басейні р. Десна. *Український гідрометеорологічний журнал*, (31), 5–21. <https://doi.org/10.31481/uhmj.31.2023.01>
7. Lee, S.-J., Maeng, S.-J., Kim, H.-S., & Na, S.-I. (2012). Analysis of runoff in the Han River basin by SSARR model considering agricultural water. *Paddy Water Environ*, 10, 265–280. <https://doi.org/10.1007/s10333-011-0278-y>
8. Huang, S., Eisner, S., Magnusson, J.O., Lussana, Ch., Yang, X., & Beldring, S. (2019). Improvements of the spatially distributed hydrological modelling using the HBV model at 1 km resolution for Norway. *Journal of Hydrology*, 577, 123585. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.051>
9. Thapa, B.R., Ishidaira, H., Pandey, V.P., & Shakya, N.M. (2017). A multi-model approach for analyzing water balance dynamics in Kathmandu Valley, Nepal. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 9, 149–162. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2016.12.080>
10. Hwang, J.H., Maeng, S.J., Kim, H.S., & Lee, S.W. (2020). Analysis of river bed variation using SSARR and RMA-2 models. *Smart Water*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40713-019-0019-8>
11. Douglas–Mankin, K.R., Srinivasan, R., & Arnold, J.G. (2010). Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model: Current Developments and Applications. *Transactions of the ASABE*, 53(5), 1423–1431. <https://doi.org/10.13031/2013.34915>
12. Осипов, В., Спека, О., Осадчий, В., Осадча, Н., & Бончковський, А. (2024). Прогнозування гідрографа водного стоку засобами SWAT (Soil and Water Assessment Tool) на прикладі басейну Десни. *Доповіді Національної академії наук України*, 9, 98–107. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.09.098>
13. Osypov, V., Speka, O., Chyhareva, A., Osadcha, N., Krakovska, S., Osadchyi, V. (2021). Water resources of the Desna River basin under future climate. *Journal of Water and Climate Change*, 1 (7), 3355–3372. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.034>
14. Machiwal, D., & Jha, M.K. (2012). Hydrologic Time Series Analysis: Theory and Practice. India, New Delhi: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1861-6>
15. Woldemeskel, F., McInerney, D., Lerat, J., Thyer, M., Kavetski, D., Shin, D., Tuteja, N., & Kuczera, G. (2018). Evaluating post-processing approaches for monthly and seasonal streamflow forecasts. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 6257–6278. <https://doi.org/10.5194/hess-22-6257-2018>
16. Tyralis, H., Papacharalampous, G., & Langousis, A. (2021). Streamflow forecasting at large time scales using statistical models. In: P. Sharma, & D. Machiwal (eds.). *Advances in Streamflow Forecasting*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820673-7.00004-4>
17. Ciner, M.N., Güler, M., Namlı, E., Samastı, M., Ulu, M., Peker, I.B., & Gülbaz, S. (2024). The Forecast of Streamflow through Göksu Stream Using Machine Learning and Statistical Methods. *Water*, 16, 1125. <https://doi.org/10.3390/w16081125>
18. van Ogtrop, F. F., Vervoort, R.W., Heller, G.Z., Stasinopoulos, D.M., & Rigby, R.A. (2011). Long-range forecasting of intermittent streamflow. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(11), 3343–3354. <https://doi.org/10.5194/hess-15-3343-2011>
19. Masselot, P., Dabo-Niang, S., Chebana F., Ouara, T.B.M.J. (2016). Streamflow forecasting using functional regression. *Journal of Hydrology*, 538, 754–766. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.04.048>
20. Slater, L.J., & Villarini, G. (2018). Enhancing the predictability of seasonal streamflow with a statistical-dynamical approach. *Geophysical Research Letters*, 45, 6504–6513. <https://doi.org/10.1029/2018GL077945>
21. Khrystiuk, B., & Gorbachova, L. (2019). Long-term forecasting of extraordinary spring floods by commensurability method on the Dnipro River near Kyiv city, Ukraine. *Environmental Research, Engineering and Management*, 75 (2), 74–81. <https://doi.org/10.5755/j01.erem.75.2.22683>
22. Horoshkova, L.A., Menshov, O.I., Kornichuk, Y.D., & Soloviova, A.O. (2025). The war anthropogenic impact on the conditions of the Desna territory of Polesia, taking into account thawing phenomena. *Trudy UkrNIGMI*, 235, 3–18.
6. Shakirzanova, Z. R., Perevozchikov, I. M., & Shevchenko, O. P. (2023). Application of the method of territorial long-term forecasts to determine the maximum water discharge rates under the conditions of spring flood 2022–2023 formation across the Desna basin. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, (31), 5–21. <https://doi.org/10.31481/uhmj.31.2023.01> [in Ukrainian]
7. Lee, S.-J., Maeng, S.-J., Kim, H.-S., & Na, S.-I. (2012). Analysis of runoff in the Han River basin by SSARR model considering agricultural water. *Paddy Water Environ*, 10, 265–280. <https://doi.org/10.1007/s10333-011-0278-y>
8. Huang, S., Eisner, S., Magnusson, J.O., Lussana, Ch., Yang, X., & Beldring, S. (2019). Improvements of the spatially distributed hydrological modelling using the HBV model at 1 km resolution for Norway. *Journal of Hydrology*, 577, 123585. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.051>
9. Thapa, B.R., Ishidaira, H., Pandey, V.P., & Shakya, N.M. (2017). A multi-model approach for analyzing water balance dynamics in Kathmandu Valley, Nepal. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 9, 149–162. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2016.12.080>
10. Hwang, J.H., Maeng, S.J., Kim, H.S., & Lee, S.W. (2020). Analysis of river bed variation using SSARR and RMA-2 models. *Smart Water*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40713-019-0019-8>
11. Douglas–Mankin, K.R., Srinivasan, R., & Arnold, J.G. (2010). Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model: Current Developments and Applications. *Transactions of the ASABE*, 53(5), 1423–1431. <https://doi.org/10.13031/2013.34915>
12. Osypov, V., Speka, O., Osadchyi, V., Osadcha, N., & Bonchovskiy, A. (2024). Hydrograph forecasting using the SWAT model (Soil and Water Assessment Tool) on the example of the Desna basin. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 9, 98–107. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.09.098> [in Ukrainian]
13. Osypov, V., Speka, O., Chyhareva, A., Osadcha, N., Krakovska, S., Osadchyi, V. (2021). Water resources of the Desna River basin under future climate. *Journal of Water and Climate Change*, 1(7), 3355–3372. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.034>
14. Machiwal, D., & Jha, M.K. (2012). Hydrologic Time Series Analysis: Theory and Practice. India, New Delhi: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1861-6>
15. Woldemeskel, F., McInerney, D., Lerat, J., Thyer, M., Kavetski, D., Shin, D., Tuteja, N., & Kuczera, G. (2018). Evaluating post-processing approaches for monthly and seasonal streamflow forecasts. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 6257–6278. <https://doi.org/10.5194/hess-22-6257-2018>
16. Tyralis, H., Papacharalampous, G., & Langousis, A. (2021). Streamflow forecasting at large time scales using statistical models. In: P. Sharma, & D. Machiwal (eds.). *Advances in Streamflow Forecasting*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820673-7.00004-4>
17. Ciner, M.N., Güler, M., Namlı, E., Samastı, M., Ulu, M., Peker, I.B., & Gülbaz, S. (2024). The Forecast of Streamflow through Göksu Stream Using Machine Learning and Statistical Methods. *Water*, 16, 1125. <https://doi.org/10.3390/w16081125>
18. van Ogtrop, F. F., Vervoort, R.W., Heller, G.Z., Stasinopoulos, D.M., & Rigby, R.A. (2011). Long-range forecasting of intermittent streamflow. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(11), 3343–3354. <https://doi.org/10.5194/hess-15-3343-2011>
19. Masselot, P., Dabo-Niang, S., Chebana F., Ouara, T.B.M.J. (2016). Streamflow forecasting using functional regression. *Journal of Hydrology*, 538, 754–766. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.04.048>
20. Slater, L.J., & Villarini, G. (2018). Enhancing the predictability of seasonal streamflow with a statistical-dynamical approach. *Geophysical Research Letters*, 45, 6504–6513. <https://doi.org/10.1029/2018GL077945>
21. Khrystiuk, B., & Gorbachova, L. (2019). Long-term forecasting of extraordinary spring floods by commensurability method on the Dnipro River near Kyiv city, Ukraine. *Environmental Research, Engineering and Management*, 75 (2), 74–81. <https://doi.org/10.5755/j01.erem.75.2.22683>
22. Horoshkova, L.A., Menshov, O.I., Kornichuk, Y.D., & Soloviova, A.O. (2025). The war anthropogenic impact on the conditions of the Desna

- River surface waters. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (44), 74–93. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2025-44-06>
23. Горбачова, Л.О., & Коляничук, О.В. (2011). Каталог весняних водопіль в басейні річки Десна. Наук. праці УкрНДГМІ, 261, 179–191.
24. Khrystyuk, B., Gorbachova, L., & Koshkina O. (2017). The impact of climatic conditions of spring flood formation on hydrograph shape of the Desna River. *Meteorology Hydrology and Water Management*, 5 (1), 63–70. <https://mhwm.pl/article/557520/en>
25. Кошкіна, О.В. (2017). Чинники, параметри та сучасні тенденції максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Десна. Дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.07. Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ.
26. Muñoz Sabater, J. (2019). ERA5-Land hourly data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac>
27. National Weather Service. Climate Prediction Center. <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>
28. Настанова з оперативної гідрології. Прогнози режиму вод суші. Гідрологічне забезпечення і обслуговування. (2012). Київ: ПП «Верлан».
29. Zhang, Y., Chiew, F.H.S., Li, M., & Post, D. (2018). Predicting runoff signatures using regression and hydrological modeling approaches. *Water Resources Research*, 54, 7859–7878. <https://doi.org/10.1029/2018WR023325>
30. Barbarossa, V., Huijbregts, M.A.J., Hendriks, A.J., Beusen, A.H.W., Clavreul, J., King, H., & Schipper, A.M. (2017). Developing and testing a global-scale regression model to quantify mean annual streamflow. *Journal of Hydrology*, 544, 479–487. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.11.053>
- River surface waters. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (44), 74–93. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2025-44-06>
23. Gorbachova, L.A., & Kolyanchuk, O.V. (2011). Catalog of spring floods in the basin of the Desna River. *Trudy UkrNIGMI*, 261, 179–191. [in Ukrainian]
24. Khrystyuk, B., Gorbachova, L., & Koshkina O. (2017). The impact of climatic conditions of spring flood formation on hydrograph shape of the Desna River. *Meteorology Hydrology and Water Management*, 5 (1), 63–70. <https://mhwm.pl/article/557520/en>
25. Koshkina, O.V. (2017). Factors, parameters and current tendencies of the maximum runoff of spring flood in the Desna River basin. Dys. ... kand. geogr. nauk: 11.00.07. Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv. [in Ukrainian]
26. Muñoz Sabater, J. (2019). ERA5-Land hourly data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac>
27. National Weather Service. Climate Prediction Center. <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>
28. Operational Hydrology Manual (2012). Forecasts of the Land Water Regime. Hydrological Support and Maintenance. Kyiv: Verlan Publishing House. [in Ukrainian]
29. Zhang, Y., Chiew, F.H.S., Li, M., & Post, D. (2018). Predicting runoff signatures using regression and hydrological modeling approaches. *Water Resources Research*, 54, 7859–7878. <https://doi.org/10.1029/2018WR023325>
30. Barbarossa, V., Huijbregts, M.A.J., Hendriks, A.J., Beusen, A.H.W., Clavreul, J., King, H., & Schipper, A.M. (2017). Developing and testing a global-scale regression model to quantify mean annual streamflow. *Journal of Hydrology*, 544, 479–487. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.11.053>

Long-term forecasting of spring flood runoff depths of the Desna River

Borys Khrystiuk¹,  <https://orcid.org/0000-0003-4290-3745>, e-mail: khryst@uhmi.org.ua

DSc (Geography), Senior Researcher, Leading Researcher of Department of Hydrological Research

Zhannetta Shakirzanova²,  <https://orcid.org/0000-0003-0600-5657>, e-mail: jannettodessa@gmail.com

DSc (Geography), Professor, Professor of Faculty of Hydrometeorology and Ecology

¹ *Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Emergency Service of Ukraine and National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

² *Odesa I.I. Mechnikov National University, Odesa, Ukraine*

ABSTRACT

Formulation of the problem. Long-term forecasting of the Desna River spring flood runoff depth is important given that the Desna River forms a tributary inflow to the Kaniv Reservoir. At the same time, the use of previously developed methods for such forecasting, their updating and improvement is impossible due to the lack of exchange of hydrometeorological information between Ukraine and the Russian Federation, which is associated with the Russian-Ukrainian war.

The objective of this paper is to develop a method for long-term forecasting of the runoff depth of the spring flood of the Desna River near the village of Litky based on the physical-statistical method.

Materials and methods. The research used observation data (indicators of spring flood) at water gauges of the Desna River – Litky village for the period 1973–2023 and the Desna River – Chernihiv city for the period 1884–2020, which are published in the directories of the Central Geophysical Observatory named after Boris Sreznevsky. In the operational forecasting of the Ukrainian Hydrometeorological Center the method of Pashova et al. (1988) as the main is used. To assess the possibility of using in it the re-analysis data their values from the ERA5-Land site, created by the Copernicus Climate Change Service (C3S) at the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), were used. To develop a new method for long-term forecasting of the Desna River spring flood runoff depth, the values of teleconnection indices and patterns were used from the website of the National Oceanic and Atmospheric Administration of the USA (NOAA USA).

ARTICLE INFO

Manuscript received
30 March 2026

Revised manuscript received
5 May 2026

Manuscript accepted
25 May 2026

Available online
30 May 2026

Results. Developed a new method for long-term forecasting of spring flood runoff depth of the Desna River near the village of Litky based on the physical-statistical method. The regression forecast equation has two predictors: the minimum discharge in the first and second decade of February and the average monthly value of the poleur teleconnection pattern in August. The first predictor characterizes the moisture content of the river catchment soils and, accordingly, infiltration losses, and the second predictor - synoptic processes that determine of moisture into the river catchment in the winter-spring period. The forecasting method has a quality rating of "satisfactory" with an acceptance error of 15 mm, determined for the period 1973-2020. The probability of not exceeding the acceptance error is 69 %, and the ratio of the mean square error of verification forecasts ($\bar{S}$) to the standard deviation of forecast value ($\bar{\sigma}$), i.e. $\bar{S}/\bar{\sigma}$ is 0.77. After lengthen the observation series of spring flood runoff depth on the Desna River – Litky village gauge based on the Desna River – Chernihiv city gauge of observation data, the acceptance error increased to 21 mm, which improved the assessment of the quality of the method from "satisfactory" to "good".

Scientific novelty and practical significance. The new developed method for forecasting the spring flood runoff depth on the Desna River makes a certain scientific contribution to the development of long-term hydrological forecasting methods in conditions of limited hydrometeorological information. This will be used in operational forecasting by the Ukrainian Hydrometeorological Center of the State Emergency Service of Ukraine.

Keywords:

spring flood, runoff depth, teleconnection indices and patterns, water balance, physical-statistical method, long-term forecasting, Desna, methodology.

In cites:

Khrystiuk Borys, Shakirzanova Zhannetta (2026). Long-term forecasting of spring flood runoff depths of the Desna River. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series Geology. Geography. Ecology*, (64), 293–301. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2026-64-22> [In Ukrainian]