

УДК 556.5.01

DOI <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2025.5.06>

Ірина Мисковець

кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології,

Луцький національний технічний університет

myskovetsiryna@lutsk-ntu.com.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9248-4919>

ФОРМУВАННЯ ПАВОДКОВОГО СТОКУ: ОСОБЛИВОСТІ, ПРОБЛЕМИ ТА РОЗРАХУНКИ

Анотація. Роботу присвячено питанням конструктивної географії, зокрема комплексному дослідженню дощового стоку в складних умовах, змінених природними процесами або впливом господарської діяльності. Вивчено чинники як природні, так й антропогенні, що впливають на формування паводкового стоку, а також визначено математичні залежності для його розрахунку з огляду на сучасні зміни. Запропоновано метод розрахунку дощових паводків для водозборів малих річок рівнинних територій, які схильні до інтенсивного антропогенного впливу. У процесі розрахунку враховуються такі фактори, як типи ґрунтів, сільськогосподарське використання земель, вологообіг у зоні аерації, вегетаційний період, рівні ґрунтових вод, а також розчленованість водозбору гідрографічною мережею різного типу. Розглянуто просторові й часові особливості опадів та їх вплив на розвиток дощових паводків, що дало змогу визначити території, які піддані ерозії. Новизна роботи в тому, що представлений процес організованості дощового стоку всебічно розкриває механізм його формування в умовах сучасних змін, дозволяє підвищити точність розрахункової величини й відкриває нові можливості для його вдосконалення. Поданий комплекс досліджень і розрахунків створює сучасну наукову основу для розроблення схем раціонального природокористування з урахуванням антропогенних змін.

Ключові слова: природокористування, фактори стоку, водні властивості, фізичні властивості, ґрунт, ерозійна небезпека.

Mykovets Iryna. FORMATION OF FLOOD RUN: FEATURES, PROBLEMS AND CALCULATIONS

Abstract. The work is devoted to issues of constructive geography, in particular, a comprehensive study of the organization of rain runoff in complex conditions, changed by natural processes or the influence of economic activity. The formation of rain floods, which cause significant damage to both people and the national economy. Is influenced by a whole complex of both natural and anthropogenic factors. The relevance of this topic is due to the complex socio-ecological situation in the Dnieper river basins, since for decades aquatic ecosystems have been used for both industrial and agricultural production. The purpose of the study is to analyze factors, both natural and anthropogenic, on the process of forming riverbed runoff, to determine mathematical dependencies for its adequate calculation, which change the natural features of hydrographs. Currently, methods based on both direct instrumental measurements and the construction of various digital models are used to determine the volume of rain runoff. The study used methods of analysis and synthesis, hydrological analogy, mathematical statistics, cartography, GIS technologies and a method of comparative assessment of both landscape and ecological characteristics. The study identified the main factors influencing the formation of heavy downpours. The spatio-temporal features of the dynamics of precipitation, the formation of rain floods from them and their impact on erosion processes were highlighted, which made it possible to determine erosion-hazardous territories taking into account modern conditions. The novelty of the work is that the considered process of organization of rain runoff comprehensively reveals the mechanism of its formation in the conditions of modern changes, allows to increase the accuracy of the calculated value and opens up new opportunities for its improvement. The article proposes a number of new approaches to existing mathematical dependencies, built on the basis of the theory of isochrones, for a more accurate representation of the processes of calculating rain runoff costs. The resulting mathematical model can be used to predict rain runoff from various surfaces, both natural and modified due to anthropogenic impact, which can subsequently become the basis for the development of environmental protection measures. The presented set of studies and calculations creates a scientific basis for the development of schemes for rational nature management taking into account anthropogenic changes.

Key words: environmental management, runoff factors, water properties, physical properties, soil, erosion risk.

Постановка проблеми. Складність економічного розвитку поєднується з постійною загрозою з боку дощових паводків, які часто мають значні розміри й призводять до затоплення великих територій, викликають ерозію ґрунту, завдаючи збитки сільському господарству та мешканцям. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, протягом ХХІ ст. площі еродованих земель, не враховуючи наслідки війни з росією, зросли до 1500 тис. га, а вміст гумусу в них знизився на 0,6–2%. Загальні щорічні збитки від водної ерозії в Україні становлять майже 3,2 мільярди гривень. Постійний розвиток економіки вимагає високої точності гідрологічних розрахунків, зокрема щодо дощового стоку.

Актуальність дослідження. Точні та обґрунтовані формули для розрахунку водних витрат під час дощових паводків стають дедалі важливішими через активне водогосподарське будівництво. Крім того, конструктивно-географічне оцінювання спільної дії дощового стоку з ключовими чинниками є критично важливим для підвищення урожайності й ефективного управління ерозійними процесами [8, с. 6–8; 10, с. 874].

Для успішної господарської діяльності важливо мати точні методи розрахунків найбільших дощових паводків, від яких залежать параметри гідротехнічних споруд, водосховищ, а також висота дамб для захисту земельних угідь і населених пунктів від потенційних затоплень [2, с. 220]. Дослідження дощового стоку в новітніх умовах, зокрема в контексті антропогенних змін та змін клімату, досить значимі й визнаються пріоритетними напрямками державної політики. Це відображено в Указі Президента України № 389/2012 від 8 червня 2012 р. «Про нову редакцію Стратегії національної безпеки України», інших законодавчих документах – Указі Президента України «Про виклики і загрози національній безпеці України в екологічній сфері та першочергові заходи щодо їх нейтралізації» (№ 111/2021 від 23.03.2021 р.) та ін., які вказують на актуальність теми, особливо після війни, коли в Україні буде відбуватися відновлення гідротехнічних споруд (дорожніх, мостових).

Стан вивчення питання з аналізом основних праць. Історія розрахунків витрат води під час великих злив нараховує понад сто років. Запропоновані формули та методи для розрахунків водних витрат під час дощових паводків поділяються на редуційні, об'ємні, стабільності стоку та генетичні. Редуційні (емпіричні) вирази представляють максимальний обсяг стоку у вигляді зворотної степеневі функції, яка залежить від площі водозбору або часу добігання, при цьому інші чинники враховуються за допомогою поправочних коефіцієнтів.

Об'ємні методи ґрунтуються на кореляції максимального потоку води від його товщини, тривалості паводка та його форми. Вирази стабільності стоку корелюють модуль стоку з максимальною інтенсивністю дощу, середньою за часом басейнового добігання. Генетичні формули найбільш природно обґрунтовані, адже аналізують несталий рух води. Серед запропонованих формул для розрахунку водних витрат під час дощових паводків визнаними є формули А.М. Бефані, В.І. Вишневського, Є.Д. Гопченка, Н.С. Лободи, І. Marko, R. Wittmanová, Я.О. Мольчака, І.Я. Мисковець, Ю.С. Медведєва, Ж.Р. Шакірзанової, К.С. Сокур, Л.В. Паламарчука, Ю.С. Ющенко, Z. El-fakharany, W. Morsy [1–2, 5–9, 11–13] та ін. Практичне використання цих взаємозв'язків є різноманітним. Зокрема, вирази А.М. Бефані (1958) використовуються для розрахунку водних витрат під час дощових паводків на півдні України, оскільки їх розрахункові параметри були розроблені саме для цього регіону [2, с. 220]. На півночі України та Білорусі популярною для розрахунків водних витрат під час дощових паводків став вираз П.Ф. Вишневського [8, с. 89].

Для розрахунку водних витрат під час дощових паводків нормативні документи, зокрема будівельні норми та правила (БНіП 2.01.14-83), рекомендують використовувати редуційну формулу та вираз для стабільного водного стоку. З теоретичної перспективи і з огляду на антропогенні умови найбільш доречними є генетичні формули І.Я. Мисковець [8, с. 213], які враховують усі основні чинники, що впливають на дощовий стік. Розвиток міст і розширення інфраструктури викликає суттєві зміни в процесах розвитку паводкового стоку. Цю тему викладено

в роботі К.С. Сокура та Л.В. Паламарчука [11, с. 39–41], де проведений кластерний аналіз опадів, які за своїм характером можуть бути віднесені до дуже сильних та небезпечних. У результаті дослідження виявлено, що стік із суцільно забудованої території на 100–300% більший за стік, сформований на території, де відсутні штучні покриття та мінімальною є забудова.

Проблему збільшення паводкового стоку під час рясних опадів висвітлено в статті I. Marko, R. Wittmanová, J. Hrudka. A. Raczková [6, с. 21, с. 24]. Автори зазначають, що накопичені протягом бездошового періоду забруднення змиваються з поверхні міських покриттів дощовим стоком і створюють ерозійні процеси, погіршуючи поверхневий стан. Кліматичні зміни також впливають на розвиток дощових паводків, а саме: підвищення середньорічної температури викликає різке коливання річних опадів. Цей напрям має дуже важливе значення в утворенні поверхневого стоку. Особливо варто зазначити, що дощові паводки можуть впливати й на якість підземної складової частини. Наприклад, у роботі Z. El-fakharany, W. Morsy [13, с. 15] на підставі статистичного аналізу та математичного моделювання визначено, що забрудненість поверхневого стоку може призводити до підвищеного ризику міграції шлейфових забруднень, у результаті чого погіршуються підземні води. Лише детально вивчивши складники річкових басейнів та проаналізувавши сучасні зміни і тенденції, можна розв'язати екологічні проблеми та розробити сучасні методи розрахунку водних витрат під час дощових паводків, які є необхідними в умовах реформування земельного використання.

Розв'язання цієї проблеми ускладнюється особливостями формування дощового стоку [10, с. 874]. Тому створення моделі, яка відображатиме всі чинники, що впливають на якісні та кількісні характеристики водних витрат під час дощових паводків, є надзвичайно важливим. Представлена робота присвячена дослідженню, яке проводилося на річкових басейнах Подніпров'я (верхній та середній частині).

Виділення не вирішених частин загальної проблеми. Як уже згадувалося, нині існує безліч формул і методів для розрахунку водних витрат під час дощових паводків, що зумовлено значущістю цієї проблеми. Аналіз та оцінювання виразів і методів розрахунку водних витрат під час дощових паводків, запропонованих авторами, базуються на різних концепціях і теоретичних уявленнях щодо формування потужних злив у природних умовах, не враховуючи сучасний антропогенний вплив на річкові басейни та пов'язані зміни. Проте наближений розрахунок схилового добігання, стокового коефіцієнта тощо, включаючи формулу будівельних норм та правил (БНіП 2.01.14-83), а також недооблік специфіки природних систем та їх конструктивних і географічних засад у формуванні дощового стоку в обчислених значеннях водних витрат під час дощових паводків призводить до 20–25% і більше похибки порівняно з фактичними. Сучасні підходи можуть суттєво допомогти в розумінні особливостей утворення дощового стоку та його ключових чинників [8, с. 8, с. 98]. Отже, проблема розрахунків максимального паводкового стоку залишається нерозв'язаною.

Запропоновані вирази розрахунку водних витрат під час дощових паводків ґрунтуються на гідромеханічній теорії конструювання. Дощовий стік вивчається як механізм, що включає водоутворення, стік зі схилів та перетворення припливу зі схилів у русловий стік. Варто відзначити, що теорія стоку посилює шанс постійно інтерпретувати окремі інгредієнти виразів через проведення спостережень та експериментів.

Недоліком зазначених виразів та методів розрахунку водних витрат під час дощових паводків є те, що їх складники не беруть до уваги наявні ознаки режимоутворювальних чинників стоку в обох напрямках (як у прямому, так і у зворотному). Це пов'язано з різноманітними сучасними навантаженнями в річкових басейнах, як-от зміни властивостей ґрунтів, водно-стовкові особливості місцевості, водоспоживання рослин, ґрунтові води і стан ґрунтів. Усе це кардинально відбивається на організованості паводкового стоку та розрахунку водних витрат під час дощових паводків (рис. 1). Нами зроблено спробу розв'язання цієї актуальної проблеми, що дасть змогу: вдосконалити теоретико-методологічні засади оцінювання і врахування антро-

погенних змін, збільшити точність у розрахунку максимальних водних витрат під час дощових паводків, підвищити якість водогосподарського й іншого проєктування та будівництва, виявити визначальні чинники ерозійних процесів та інші питання [8, с. 213, с. 343, с. 373].

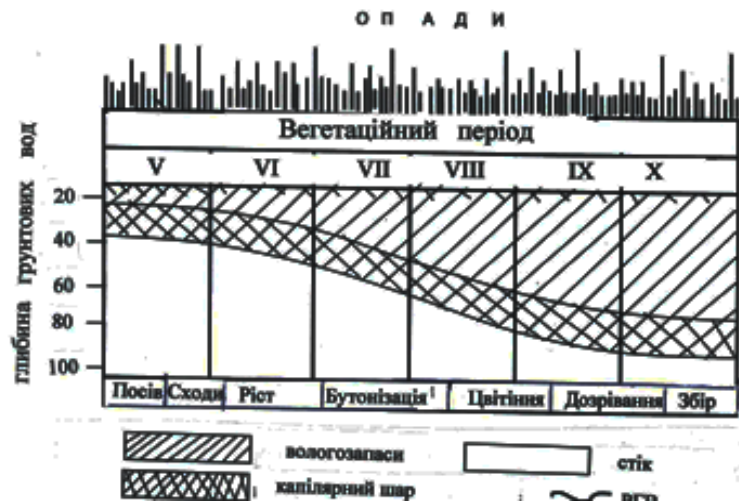


Рис. 1. *Моделювання паводкового стоку залежно від фаз розвитку рослин і рівня ґрунтових вод з урахуванням тривалості вегетаційного періоду та капілярного підживлення [8, с. 102]*

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є аналіз природних та антропогенних впливів на процес формування паводкового стоку. Завдання дослідження – розробити фізично та конструктивно-географічно обґрунтований метод розрахунку дощових паводків із водозборів малих річок; удосконалити наявні методи розрахунку дощових витрат з урахуванням сучасних впливів на процес формування стоку в різних фізико-географічних умовах.

Методи та матеріали дослідження. Теоретичну основу дослідження було сформовано на основі праць як вітчизняних, так і зарубіжних учених, які займалися питаннями розвитку паводкового стоку та розрахунку водних витрат під час дощових паводків. У дослідженні використано: гідрографічну карту річок регіону; карту ґрунтів із відповідними водно-фізичними характеристиками, а саме: схему подрібненості місцевості річковою мережею, а також яружною, балковою й іншою, карту ухилів території; також гідрометеорологічні дані та інформацію про стік відповідних річок тощо. Інформаційну базу становили дані статистичних щорічників, звітів про стан довкілля різних регіонів, що надані у вільний доступ Державними агентствами водних ресурсів, гідрометеоустановами, управліннями статистики, лабораторіями моніторингу вод, екологічні паспорти річок, матеріали періодичних видань, регіональних, всеукраїнських і міжнародних науково-практичних та інших конференцій, літературні та інтернет-джерела й особисті дослідження автора.

Опрацювання та візуалізація статистичної, картографічної інформації і результатів дослідження здійснювалися за допомогою пакетів програм Microsoft Excel, Statistica, Matlab. Найпоширенішими методами дослідження були аналіз і синтез, кореляція й регресія, узагальнення й порівняння ландшафтно-екологічних характеристик території. Для проведення об'єктивних і ґрунтових досліджень використовували також методи: загальнонаукові, математико-статистичний, картографічний, графічний, спостережний, аерокосмічний, просторовий аналіз, прогнозування та інші, методи емпіричного й теоретичного узагальнення інформації, методи та технічні прийоми оброблення отриманої інформації.

Виклад основного матеріалу. Річковий басейн Дніпра являє собою складну гідрологічну систему, яка має як економічну і соціальну значущість, так й екологічну [1, с. 176, с. 179]. Це величезний розгалужений господарський вузол із високим ступенем освоєння та антропо-

погенного навантаження на земельні ресурси, а також водні ресурси та різноманіття живих організмів. На земельному просторі річкового басейну розташовані численні міста (середні та малі), промислові центри та сільськогосподарські угіддя. Розподіл водних ресурсів Дніпра та функціональна структура виробничих сил, сформованих у радянський період, призвели до поділу басейну на зону, де розвивається стік із невеликим споживанням води, зокрема це росія і білорусь, та зону транзиту стоку, а саме: Україна, нижче Києва, де існує великий попит на воду [3, с. 96, с. 230]. Річковий басейн Дніпра – це транскордонна система, оскільки в росії знаходиться 20% його площі, білорусь займає 23%, а 57% площі басейну – в Україні. Ареал верхнього Подніпров'я обіймає мало не весь східний район білорусі та росії – у Смоленщині. Визначальна частина водозбірного басейну – це діброви, заплавні луки, болота. Середнє Подніпров'я охоплює річкову долину Дніпра від гирла річки Десни до острова Хортиця. Регіон розташований у двох природно-кліматичних зонах: лісостеповій та змішаних лісів. У верхньому Подніпров'ї спостерігається найщільніша річкова система, яка перебуває в смузі змішаних лісів, де на 1 км² припадає 0,5 км річкової мережі. У середньому Подніпров'ї цей показник значно менший – до 0,2 км/км².

Клімат у річковому басейні Дніпра є помірно континентальним із підвищенням континентальності в напрямку від заходу на схід, що стає помітним у зміні температури повітря та характеру зволоження [8, с. 23]. Опади та їх розподіл корелюються з панівними масами повітря, характером підстильної поверхні, сонячною енергією (рис. 2).

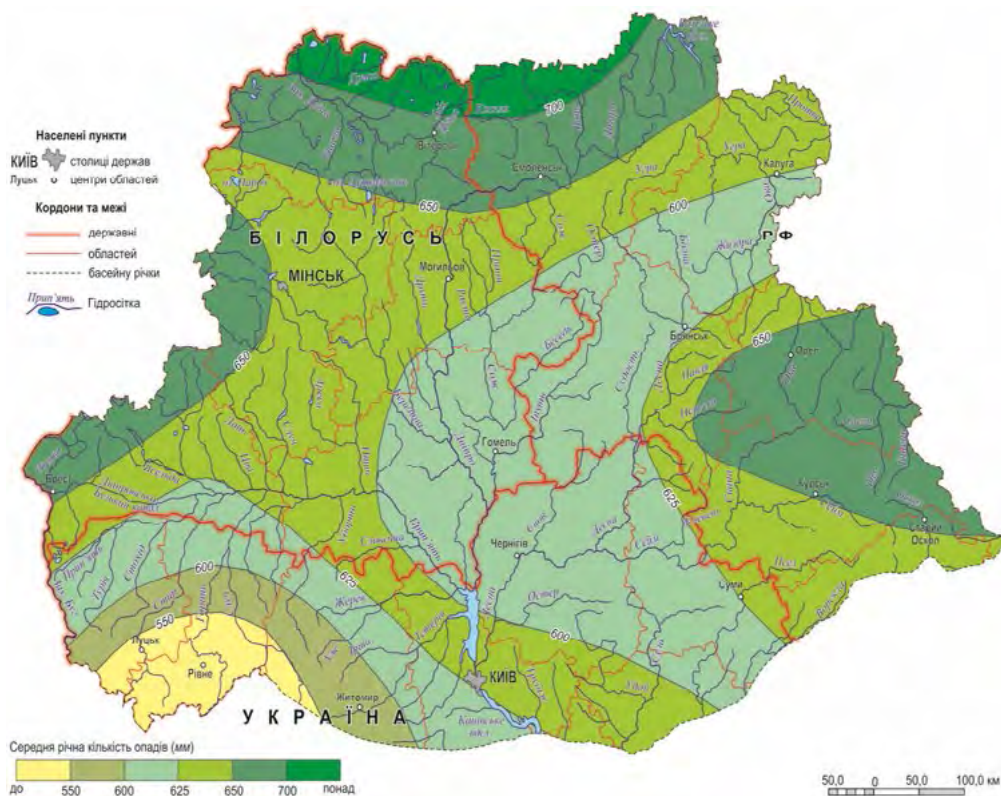


Рис. 2. Середня річна кількість опадів території басейну як верхньої, так і середньої течії Дніпра

Більше половини опадів у межах року припадає на теплий сезон (квітень–жовтень). Найдощовіші місяці – червень і липень, в які опади становлять від 65 до 98 мм і від 77 до 102 мм відповідно. У районах північно-західного напрямку зливи, що викликають стік малої повторюваності, відмічаються, орієнтовно, на рік від 15 до 20 разів, а в районах південно-східного напрямку повторюваність потужних злив скорочується до 5–10 разів на рік (табл. 1). Найбільш

потужні зливи, які трапляються рідко, проходять у вегетаційний період, спричиняючи серйозні паводки на річках, що призводить до повеней на території та посилення ерозії. Це іноді спричиняє змивання посівів із великих сільськогосподарських угідь разом із верхнім родючим шаром ґрунту [4, с. 32].

Таблиця 1

Потужні зливи, що спричиняють стік, в окремі п'ятирічки (кількість випадків, %) [8, с. 24]

Роки	Опади, мм								
	30-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110	>110
1985–1990	12	4	3	3	2	1	-	-	-
1991–1995	14	5	5	4	3	1	-	-	-
1996–2000	65	19	6	4	2	2	1	1	-
2001–2005	71	20	14	6	4	3	-	-	-
2006–2010	66	19	12	4	3	1	-	-	-
2011–2015	60	14	6	3	2	-	-	-	-
2016–2020	67	21	11	5	3	2	1	1	-
2021–2023	51	15	6	3	2	-	-	-	-
Подніпров'я (верхня та середня частини)	51	15	8	4	2,6	1,3	0,25	0,25	-

Вивчення 50 потужних злив показало, що вони виникали: а) у 54% випадків за розміщення циклону; б) 27% – у разі протікання холодної повітряної маси північного антициклону; в) до 19% – за відсутності холодного фронту. Отже, на зливи територіального або «зонального» походження припадає майже 19% досліджених випадків. Такі зливи поширюються в Україні (північні райони), білорусі та росії. Потужні зливи, тривалість яких становить від 2 до 3 годин, а їх середня інтенсивність – від 15 до 20 мм/год, обсервуються на всій території. Періодичність таких злив велика, розподіл за територією широкий. Такі зливи охоплюють значні площі [12, с. 35]. Опади частково витрачаються на зволоження ґрунту, рослинності, заповнення понижених ділянок та інфільтрації, що відбувається під впливом молекулярних сил, а також і капілярних. Це своєю чергою визначає час, за який опади досягають руслової сітки зі схилів [5, с. 106; 7, с. 35].

Просторові та часові зміни в річковому басейні Дніпра спричинені його природною еволюцією та господарською діяльністю. Останнім часом збільшується «породжений людиною» вплив на довкілля. А це – вирубання лісових масивів, розорювання земельних площ, осушення болотних масивів і луків, а також будівництво міст та доріг. Ці зміни продовжують наростати з року в рік [9, с. 6]. В організації дощового стоку важливими є не лише просторові, а й часові аспекти, особливо під час опадів, що сприяють виникненню та проходженню повеней.

Сучасна наука використовує різні типи часу, зокрема ті, які окреслюють географічні прояви та внутрішні процеси, а також функціональні й динамічні процеси та еволюційний час, а також час біфуркаційних змін стоку [8, с. 72].

Малі річки та струмки в умовах антропогенних змін часто зазнають процесу каналізованості [4, с. 80]. На досліджуваній території серед середніх річок каналізовано від 25% до 30%, серед малих річок каналізовано більш, ніж 60–65%, а деякі річки піддані каналізованості на 100%. Річки, русла яких у природному стані мають вільні вигини, як петлеподібні, так і сегментні, становлять 28–35% від загальної довжини русл річок (середніх і великих). Меліорація в минулому сторіччі та освоєння значних територій спричинили зміни як у заплавах, так і в руслових комплексах. Це призвело до зміни річкової системи, форми та будови русл і заплав, а також гідрологічного режиму цих елементів [8, с. 314]. Використовуючи природні й антропогенні зміни в освоєнні земель, недоліки зазначених вище виразів розрахунку водних витрат під час

дощових паводків, особливості воднобалансових досліджень, водного режиму та його зміни тощо, вираз для розрахунку водних витрат під час дощових паводків представлено у вигляді модуля стоку, в найпростішому виразі, авторка пропонує в такій редакції [8, с. 123]:

$$q_{P\%} = 13,2 h_{\theta_{\max, 1\%}} \delta_{zp} \delta_E \Gamma_n^{0,5} \lambda_p K_{A\theta} K_r K_{az}, \quad (1)$$

де $h_{\theta_{\max, 1\%}}$ – водоутворення 1% забезпеченості, мм; δ_{zp} – коефіцієнт обліку ґрунтового живлення: для водозборів слабого ґрунтового живлення $\delta_{zp} = 0,9$; для водозборів середнього ґрунтово-напірного живлення $\delta_{zp} = 1,05$; для водозборів рясного ґрунтово-напірного живлення $\delta_{zp} = 1,25$; δ_E – коефіцієнт обліку водоспоживання, величина якого залежно від дати вегетаційного періоду та виду культури приймається рівною $\delta_E = 0,85-1,0$; λ_p – перехідний коефіцієнт від забезпеченості 1% до будь-якої заданої; $K_{A\theta}$ – редукційний коефіцієнт водоутворення; K_r – конструктивно-гідрографічний коефіцієнт, який дає змогу здійснити перехід від моделі прямокутного басейну до фактичного; K_{az} – обліковий коефіцієнт сучасних змін, спричинених антропогенним впливом; Γ_n – параметр, що залежить від ґрунтового підживлення та антропогенного впливу.

Таким чином, із конструктивного-географічного погляду, у визначенні водних витрат під час дощових паводків у формулі представлено величини, що беруть до уваги ґрунт (тип, вологість), ґрунтові води, антропогенні зміни, час вегетаційного періоду, сільгоспкультури тощо.

Вивчення зливового стоку для виявлення земель, які піддані ерозії на розглянутій території, було проведено на основі її запропонованих сучасних методів аналізу кореляції паводкового стоку з ключовими чинниками та розробленої методики його розрахунку. Це дало змогу підвищити ефективність гідролого-географічного обґрунтування виявлених земель, які піддані ерозії, оцінити змив ґрунту з урахуванням показників опадів, рельєфу та освоєння. Нами здійснено дослідження площинного змиву, використовуючи ґрунтову картосхему з відповідними водними та фізичними характеристиками, а також за допомогою карти опадів, карти роздріб-

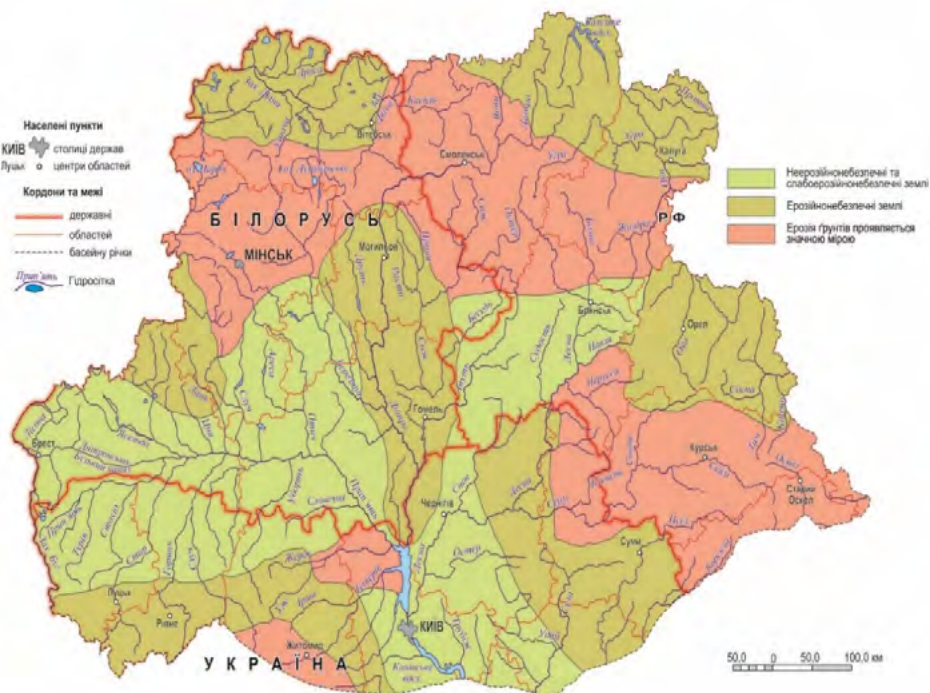


Рис. 3. Картосхема територій Подніпров'я (ерозійно небезпечних земель) з урахуванням сучасних змін та наслідків дощових паводків

неності місцевості мережею, як річковою та яружною, так і балковою й іншою, а також карти середньозважених ухилів. Урахувавши визначальні чинники розвитку паводкового стоку, створено картосхему територій Подніпров'я (верхнього та середнього), які піддані ерозії. Ця картосхема враховує сучасні зміни та наслідки дощових паводків і може бути широко використана на практиці (рис. 3). Аналіз карти показує, що найбільш ерозійно небезпечними, з огляду на крутизну схилів, випадіння та розподіл опадів, є землі на півдні та південному заході України, а також на північному сході та північному заході білорусі. У районах центральної частини Подніпров'я розвиток ерозії підсилюється через інтенсивне освоєння території (зокрема, збільшення розораності) (рис. 3).

Зменшення площ ерозійно небезпечних земель у північно-західних і північних районах Подніпров'я (верхньої та середньої частини) зумовлено наявністю великих масивів лісів, пасовищ і територій із багаторічними травами. Аналіз потужних злив свідчить, що опади, які більші за 25 мм за дощ, становлять 10–12% від загальної суми випадків. Саме ці зливи є причиною посиленого змиву ґрунту, що становить 70–80% від загального змиву за сезон.

Висновки. 1. Річковий басейн Дніпра є складною гідрологічною системою, який охоплює різні галузі економіки й характеризується значним освоєнням та антропогенним впливом на земельні та водні ресурси, а також на біорізноманіття. 2. Розподіл опадів визначається не лише тривалістю їх випадіння, а й часом та властивостями розподілу дощу за площею. Під час випадіння на водозбірну площу опади частково абсорбуються ґрунтом, рослинністю, заповнюють низини та ін. На це впливає час, за який опади досягають руслової сітки зі схилів й є ключовою характеристикою розвитку паводкового стоку. 3. Запропонована науково обґрунтована генетична формула дає змогу розраховувати паводковий стік із малих водотоків за відсутності даних спостережень. 4. Кількісне оцінювання змиву ґрунту дало змогу укласти картосхему територій, які піддані ерозії з урахуванням сучасних змін та наслідків дощових паводків річкових басейнів верхньої та середньої частини Подніпров'я.

Список використаних джерел:

1. Вишневецький В.І. Річки і водойми України. Стан і використання : монографія. Київ : Віпол, 2000. 376 с.
2. Гопченко Є.Д. До побудови нової нормативної бази в галузі максимального стоку на річках України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2001. Т. 2. С. 219–225.
3. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) : монографія. Київ : Ніка-Центр, 2010. 316 с.
4. Заболотська Т.М., Підгірська В.М., Шпиталь Т.М. Небезпечно сильні опади в Україні та можливі причини їх утворення. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2006. Вип. 255. С. 25–40.
5. Лобода Н.С. Розрахунки і узагальнення характеристик річного стоку річок України в умовах антропогенного впливу : монографія. Одеса : Екологія, 2005. 208 с.
6. Marko I., Wittmanová R., Hrudka J. Raczková A. Quality of first flush of rainwater from urban area: short review. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering 1252 (1)*: 012075, 2022. URL: https://www.researchgate.net/publication/281309761_Quality_of_rainwater_harvesting_in_urban_systems_Case_study_in_Colombia (дата звернення: 12.02.2025).
7. Медведєва Ю.С., Шакирзанова Ж.Р. Методика розрахунку характеристик гідрографів схилових надходжень тало-дощових вод до руслової мережі річок рівнинної території України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2015. Т. № 2(37). URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/1631> (дата звернення: 12.02.2025).
8. Мисковець І.Я. Формування дощового стоку: теорія, методика, розрахунки. Луцьк : Вежа-Друк, 2023. 424 с.
9. Мольчак Я.О., Мисковець І.Я., Горбач Л.М. Методичні підходи до вирішення еколого-економічних проблем водноресурсного потенціалу. *Наукові записки Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка. Географічні науки*. 2022. Т. 2. Вип. 3. С. 18–30.
10. Петлін В.М. Організація та організованість природних територіальних систем : монографія. Луцьк : Вид. центр Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2020. 1036 с.

11. Сокур К.С., Паламарчук Л.В. Умови формування поверхневого стоку в межах урбанізованих територій при дуже сильних і небезпечних опадах. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. № 1 (59). С. 36–49.
12. Ющенко Ю.С. Вплив зливових опадів на формування високих паводків у басейнах верхнього Пруту та Сірету. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2012. Т. 2 (27). С. 30–38.
13. El-fakharany Z., Morsy W. Predicting the impact of surface wastewater on groundwater quality in Quesna industrial area. *Journal of American Science*. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/343879274_Predicting_the_impact_of_surface_wastewater_on_groundwater_quality_in_Quesna_industrial_area (дата звернення: 20.01.2025).

References:

1. Vyshnevskiy, V.I. (2000). Rivers and reservoirs of Ukraine. Condition and usage: monograph. Kyiv: Vipol, 376. [in Ukrainian].
2. Hopchenko, Ye.D. (2001). To build a new regulatory framework in the field of maximum flow on the rivers of Ukraine. *Hydrology, hydrochemistry, hydroecology*, 2, 219–225. [in Ukrainian].
3. Hrebin, V.V. (2010). Modern water regime of rivers of Ukraine (landscape and hydrological analysis): monograph. Kyiv: Nika Center, 316. [In Ukrainian].
4. Zabolotska, T.M., Pidhirska, V.M., & Shpytal, T.M. (2006) Dangerously heavy precipitation in Ukraine and possible causes of their formation. *Scientific works of Ukrainian Scientific Research Hydrometeorological Institute*, 255, 25–41 [in Ukrainian].
5. Loboda, N.S. (2005). Calculations and generalizations of the characteristics of annual flow of Ukrainian rivers in terms of anthropogenic influence: monograph. Odesa: Ecology, 208. [in Ukrainian].
6. Marko, I., Wittmanová, R., Hrudka, J. & Raczková, A. (2022). Quality of first flush of rainwater from urban area: short review. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering* 1252(1): 012075. Retrieved 12.02.2025 from https://www.researchgate.net/publication/281309761_Quality_of_rainwater_harvesting_in_urban_systems_Case_study.
7. Medvedeva, Yu.S., & Shakirzanova, Zh.R. (2015). The method of calculating the characteristics of hydrographs of slope inflow of thaw-rainwater to the channel network of rivers of the plain territory of Ukraine, *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 2(37), 1631. Retrieved 12.02.2025 from <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/> [in Ukrainian].
8. Myskovets, I.Ya. (2023). Formation of rain runoff: theory, methodology, calculations. Lutsk: Vezha-Druk, 424. [in Ukrainian].
9. Molchak, Ya.O., Myskovets, I.Ya., & Horbach, L.M. (2022). Methodological approaches to solving ecological and economic problems of water resource potential. *Scientific notes of Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko. Geographical Sciences*, 3(2), 18–30. [in Ukrainian].
10. Petlin, V. M. (2020). Organization and organization of natural territorial systems: monograph. Lutsk: Publishing Center of the Lesya Ukrainka Volyn National University, 1036. [in Ukrainian].
11. Sokur, K.S., & Palamarchuk, L.V. (2021). Conditions for the formation of surface runoff within urbanized areas during very heavy and dangerous precipitation. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 1(59), 36–49. [in Ukrainian].
12. Yushchenko, Yu.S. (2012). The influence of torrential rains on the formation of high floods in the basins of the upper Prut and Siret. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 2(27), 30–38. [in Ukrainian].
13. El-fakharany, Z., & Morsy, W. (2020). Predicting the impact of surface wastewater on groundwater quality in Quesna industrial area. *Journal of American Science*. Retrieved 20.01.2025 from https://www.researchgate.net/publication/343879274_Predicting_the_impact_of_surface_wastewater_on_groundwater_quality_in_Quesna_industrial_area.