

Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОБЧИСЛЕННЯ ОБСЯГУ СТОКУ З ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ

М. І. Адаменко, О. В. Васильченко¹, Е. А. Дармофал², О. М. Данілін¹¹Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна²Харківська державна академія фізичної фізкультури, Харків, Україна

УДК 504.75

DOI: 10.52363/2522-1892.2022.1.9

Отримано: 18 лютого 2022

Прийнято: 7 квітня 2022

Cite as: Adamenko M., Vasilchenko A., Darmofal E., Danilin O. (2022). Ways to improve the method of calculating the volume of runoff from the soil surface. Technogenic and ecological safety, 11(1/2022), 61–67. doi: 10.52363/2522-1892.2022.1.9

Анотація

У статті розглядається проблема, яка набуває все більшої актуальності в екологічній та економічній сфері. Відзначається той факт, що у зв'язку з тенденцією глобального потепління, небезпеки від повеней та їх шкідливих екологічних та економічних наслідків набувають всесвітнього значення. У зв'язку з цим потребують вирішення проблеми в області стратегій своєчасного реагування на повені, пом'якшення їх наслідків та збереження природних ресурсів заплавл. У статті аналізуються додаткові чинники впливу на виникнення повеней на західній Україні через кліматичні зміни, несанкціоновані рубки лісів, антропогенні зміни. Для розв'язання задачі прогнозування виникнення повеней та зменшення їх наслідків пропонується системний підхід, який враховує екологічні ризики виникнення повеней. Застосовується сценарний підхід, який відтворює древо можливого розвитку подій під час і після повені. Формуються масиви початкових вхідних надзвичайних ситуацій, імовірних надзвичайних ситуацій та їх ймовірних наслідків. На основі розглянутих сценаріїв будуються стратегії та варіанти управління ризиками при повенях. Маючи на увазі сценарний підхід, в статті показано, що нормативний розрахунок обсягу стоку з поверхні ґрунту до водоймища не враховує деякі важливі фактори, такі як фільтраційну здатність ґрунту, ухил поверхні та інші параметри. Для більш точного визначення кількості стоків рекомендується удосконалити розрахункову формулу. Для цього запропоновано використати подвійний інтеграл за часом та масою води на поверхні, який враховує масу прибуття води та масу відтоку води, які в свою чергу враховують властивості ділянки, яка досліджується, випаровування та можливості ґрунту утримувати вологу, насичуватись, зберігати баланс. За цим робляться висновки щодо розробки комплексу заходів для зменшення ризику виникнення повеней та їх шкідливих наслідків.

Ключові слова: екологічна безпека, екологічний ризик, повінь, підтоплення, небезпечні наслідки, природні ресурси, економічні витрати, фільтраційна здатність, стічні води.

1. Вступ

Останніми роками почастишали катастрофічні повені, посилілися їхні економічні, соціальні та екологічні наслідки, і зростає кількість викликаних ними людських жертв. Протягом останніх 25 років на території Європи у 49 державах відбулися достатньо великі повені, що призвели до загибелі понад 2000 людей та їх міграції, інших наслідків для здоров'я, втрати майна та до економічних втрат у розмірі понад 70 млрд євро.

Вразливість перед повенями визначається, головним чином, життєдіяльністю людини – недоліками в розміщенні будівель та об'єктів інфраструктури, існуванням недосконалих систем раннього оповіщення та планування дій у разі надзвичайних ситуацій, прорахунками у створенні належної правової та інституційної бази тощо. Інтегрований підхід до управління повенями, що бере до уваги, як можливості, що надаються заплавами для соціально-економічної діяльності, так і управління ризиками, є життєво важливими для сталого розвитку басейнів річок.

В Україні, особливо у західній її частині, повені трапляються регулярно, завдаючи великих матеріальних збитків, та приводячи до людських

жертв. Тому актуальними є питання своєчасного прогнозування цих надзвичайних ситуацій та розробка методів із зменшення негативних наслідків.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

За результатами проведених досліджень європейськими державами – членами Всесвітньої організації охорони здоров'я були виявлені значні проблеми в області стратегій своєчасного реагування на повені. Цій проблемі присвячено достатньо уваги, що відображено у наукових та публіцистичних матеріалах [1–6].

Частіше за все під повінню мають на увазі короточасне затоплення місцевості водою завдяки підйому її рівня у місцевих водоймищах з будь-якої причини. При цьому за часом затоплення місцевості їх класифікують на:

- короточасні (від декількох годин до двох тижнів);
- довгострокові (відповідно більше двох тижнів).

Звернемося до найближчих історичних відомостей про повені, які нещодавно відбулися в Україні.

Восени 1998 року в Закарпатській області після інтенсивних дощів 3 – 5 листопада вийшли з берегів річки: Тиса, Теремля, Тересва, Боржава, Латориця та інші (рис. 1, а). Це призвело до підтоплення 122 населених пунктів. У зоні стихійного лиха опинилася майже третина населення області (близько 350 тис. людей).

Внаслідок повені загинуло 17 чоловік, відселено із місця стихійного лиха понад 20 тис. осіб. У період паводку було підтоплено 40793 житлових будинків, з них 2695 зруйновано та 2877 пошкоджено; зруйновано 12 мостів, 48,6 км автодоріг. Активізовано до 980 зсувів. Крім того, 48 мостів і 722,2 км автодоріг було пошкоджено. Було виведено з ладу 18 водозаборів, 28 каналізаційних насосних станцій, 20 очисних споруд та 45 котелень. Пошкоджено 3,1 км залізничних доріг, 2,4 км зруйновано. Листопадовий дощовий паводок завдав збитків області на суму 810 млн грн., водогосподарським об'єктам – 12 млн 84 тис. грн. [7]. Найбільш постраждали від повені населені пункти та кількість втрат вказані в табл. 1.

Наступна велика повінь відбулася у Закарпатті 5 березня 2001 року внаслідок інтенсивного танення снігу і тривалих дощів (рис. 1, б). Повінь призвела до втрати 9 людських життів, підтоплення 255 населених пунктів, руйнування близько двох тисяч та пошкодження близько дев'яти тисяч будинків. Фінансові та матеріальні збитки області дорівнювали майже 300 млн грн. [8].

Не застала себе чекати й наступна повінь. В результаті сильних грозових дощів 23–26 липня 2008 року та погіршення погодних умов на території Львівської, Закарпатської, Тернопільської, Черновицької та Івано-Франківської областей підтоплено більш ніж 40 тис. житлових будинків (рис. 1, в) [9].

Повінь 2020 року перевершила по деяким втратам попередні та завдала шкоди у Івано-Франківській, Львівській, Тернопільській та

Черновицькій областях. На території цих областей було підтоплено більш ніж 14 тис. будинків (рис. 1, г) [10].

Отже в Україні актуальною проблемою є розв'язання наукової задачі щодо зменшення загроз виникнення повеней, пом'якшення їх наслідків та збереження природних ресурсів заплав. Для визначення обсягів і характеристик поверхневого стоку використовують різні моделі.

Оцінювання ступеню екологічної безпеки проводять через оцінку екологічного ризику. Такий підхід розглядається як головний механізм розробки та прийняття управлінських рішень з охорони навколишнього природного середовища оцінки екологічного ризику оскільки дозволяє визначити доцільність, пріоритетність і ефективність природоохоронних заходів [11].

Через порушення умов нормального протікання процесів надходження і розподілу вологи, прояву механізму акумулювання вологи атмосфери поверхнею землі і відбуваються гідрологічні явища, що ведуть до підтоплення територій. Одним з методів зменшення ризику підтоплення запропоновано метод реструктуризації водозбірної площі річкових басейнів, який розглядає збільшення площ лісів і лугов, а також зменшення розораності водозбірної площі [12, 13, 14].

Перспективною вважають динамічну модель водного балансу DryMOD. Ця модель враховує, що пористість у верхньому шарі ґрунту є найбільш важливою характеристикою для моделювання стоку і вологості ґрунту. Тому для визначення обсягів потрапляння поверхневого стоку в водні об'єкти необхідно з урахуванням коефіцієнту стоку враховувати характеристики водозбірної площі, в тому числі типи ґрунтів. В цьому методі враховується об'єм поверхневого стоку з урахуванням коефіцієнту інфільтрації ґрунтів і рельєфу місцевості, але не враховується поверхневий сток з урбанізованих територій [15, 16].

Таблиця 1 – Населені пункти, які постраждали від повені, та кількість втрат

№ з/п	Населений пункт	Район	Втрати (знищено)
1	Бобове	Виноградівський	344 будинки
2	Вари	Берегівський	302 будинки
3	Королево	Виноградівський	213 будинків
4	Сасово	Виноградівський	196 будинків
5	Чорнотисів	Виноградівський	110 будинків
6	Теково	Виноградівський	89 будинків
7	Ключарки	Мукачівський	65 будинків
8	Нове Давидково	Мукачівський	49 будинків
9	Заріччя	Шершавський	35 будинків
10	Лопухів	Тячівський	33 будинки



а



б



в



г

Рисунок 1 – Кадри зйомки повеней на західній Україні:
а – повінь 1998 року [8]; б – повінь 2001 року [9]; в – повінь 2008 року [10]; г – повінь 2020 року [11]

3. Мета та завдання дослідження

Основним питанням прогнозування виникнення повеней є визначення кількості води на ділянці, що досягає водоймища. Саме тому метою статті є удосконалення методу врахування обсягу стоку з поверхні ґрунту до водоймища.

Для досягнення означеної мети слід:

- проаналізувати методи визначення ризиків при повенях;
- критично розглянути спосіб розрахунку об’єму дощових стічних вод на ділянці;
- запропонувати удосконалену формулу розрахунку об’єму дощових стічних вод на ділянці;
- визначити фактори, що впливають на результати розрахунків.

4. Визначення методики розрахунку кількості стічних вод

До виникнення повеней призводять одразу декілька причин, які підсилюють одна одну:

- через кліматичні зміни частішими стаються аномальні зливи;
- несанкціоновані рубки лісів призводять до пересування води до водойм без затримання;
- антропогенні зміни, які призводять до ризику неконтрольованих розливів річок.

Спробуємо відтворити древо можливого розвитку подій під час і після повені.

За основу імовірного розвитку подій візьмемо події або надзвичайні ситуації (НС), які прописані у Державному класифікаторі надзвичайних ситуацій

ДК 019:2010 [17]. Потрібно відзначити, що події, які відтворюються за сценарієм, є найбільш імовірними. Пояснення, які надані до рис. 2, взяті цілком з ДК 019:2010.

Початковий вхідний масив формують наступні НС пов’язані з атмосферними опадами, а саме: сильною зливою, дощем і мокрим снігом.

Масив імовірних НС природного характеру формують події пов’язані з підвищенням рівня ґрунтових вод (підтопленням), зсувом, обвалом або осипом, осіданням (проваллям) земної поверхні, карстовими провалами.



Рисунок 2 – Древо можливого розвитку подій під час і після повені

Імовірні наслідки НС можуть бути пов'язані з інфекційними захворюваннями людей; з отруєнням людей у результаті споживання неякісної питної води; з інфекційними захворюваннями сільськогосподарських тварин; з інфекційним захворюванням риб невизначеної етіології; масовою загибеллю диких тварин; ураженням сільськогосподарських рослин; з масовим розповсюдженням шкідників сільськогосподарських рослин; з втратою життя, нещасним випадком, тощо [17].

Необхідно відзначити те, що варіанти управління ризиками при повенях вже неодноразово відтворювались [5, 6, 18]. На доказ цього наведемо приклад розроблених стратегій та варіантів управління ризиками при повенях (табл. 2).

Для подальших досліджень необхідно вирахувати обсяг стоку з поверхні ґрунту до водоймища. Взагалі основи подібних розрахунків надані у ДСТУ 8691:2016 «Стічні води. Наставови щодо встановлення технологічних нормативів відведення дощових стічних вод у водні об'єкти» [18]. За базову формулу у ньому пропонується:

$$W_d = 10h_d Y_d F, \quad (1)$$

де W_d – об'єм дощових стічних вод; h_d – висота шару вологи від дощу за відповідний період; Y_d – коефіцієнт стоку дощових стічних вод (ДСВ); F – площа водозабірної території.

Однак дана формула рекомендована для розрахунків лише на урбанізованих територіях, оскільки зовсім не враховує коефіцієнт денудації та фільтраційну здатність ґрунту, уклін поверхні та інші параметри.

Для більш точного визначення кількості стоків рекомендується враховувати, що частина стоку з водозабірної території не доходить до водоймища:

$$W_d^* = W_d - W_1, \quad (2)$$

де W_d^* – сумарній об'єм дощових стічних вод за відповідний період; W_1 – об'єм стоку, що інфільтрується до ґрунту.

На ділянках, суміжних з урбанізованими територіями, використовується коефіцієнт інфільтрації K_I :

$$K_I = (t_d K_\phi) / 24, \quad (3)$$

де t_d – тривалість випадання дощу; K_ϕ – коефіцієнт фільтрації ґрунтів; 24 – перерахунковий коефіцієнт.

При використанні коефіцієнту інфільтрації та часу добігання стоку до водоймища на базі формули (1) рекомендується удосконалена формула для територій, суміжних з урбанізованими [19]:

$$W_1 = (t_c K_I F_c) / t_d, \quad (4)$$

де W_1 – об'єм стоку, що інфільтрується до ґрунту; t_c – час добігання ДСВ на кожні сто метрів; K_I – коефіцієнт інфільтрації ДСВ; F_c – площа неурбанізованої території; t_d – тривалість випадіння дощу.

Але й ця формула не враховує, що з часом відбувається насичення ґрунту водою, і інтенсивність стоку зростає.

Враховуючи вказані вище неточності та неврахованості означеної методики розрахунку з ДСТУ, пропонується розв'язання наступної задачі.

Припустимо, що з часу t_0 починається спостереження за ділянкою земної поверхні площею S_0 , на яку йдуть опади. У якийсь момент часу $t_{\text{критич}}$ земля перестане поглинати вологу.

Запропонуємо для застосування розрахункову формулу [19]:

$$M(t_0, S_0, t) = \int_{S_0 t_0}^t \left\{ m_n(r_s^*, t^*) - m_{\text{вт}}(r_s^*, t^*) \right\} ds dt^* \quad (5)$$

де, M – маса води, що буде у наявності на поверхні S_0 ; $m_n(r_s^*, t^*)$ – маса прибуття води, що випадає на одиницю поверхні S_0 у точці r_s^* за одиницю часу у момент t^* ; $m_{\text{вт}}(r_s^*, t^*)$ – маса відтоку води (у ґрунт, випаровуванням, тощо) з одиниці поверхні у точці r_s^* за одиницю часу в момент t^* .

Таблиця 2 – Стратегії та варіанти управління ризиками при повенях

Стратегії	Варіанти
Зменшення загрози повені	Греблі та водосховища; дамби, насипи для захисту від повені; дериваційні канали високої перепускної здібності; управління водозбірним басейном; перетворення русла ріки.
Зменшення сприятливості до збитку	Регулювання заплав; політика у галузі розвитку та реконструкції; проектування та розміщення гідротехнічних споруд; захист від повеней; прогнозування повеней та попередження про них.
Пом'якшення наслідків повеней	Інформація та просвітництво; забезпечення готовності до надзвичайних ситуацій; відновлювальні роботи після повені; страхування від повеней.
Збереження природних ресурсів заплав	Районування та регулювання заплав.

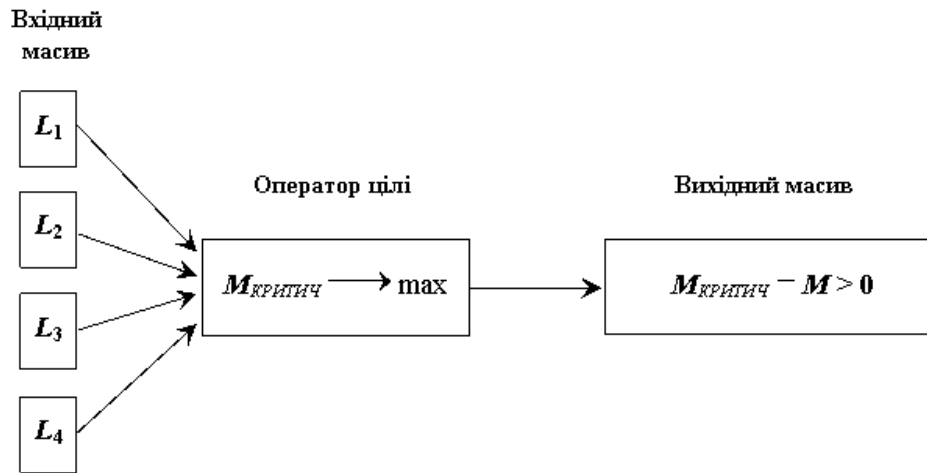


Рисунок 3 – Графічне відображення системи недопущення витоку води з ґрунту до водних об’єктів:
 L_1 – метеорологічні чинники; L_2 – клімато-біологічні чинники;
 L_3 – геоморфологічні чинники; L_4 – літологічні чинники

5. Підбір факторів, що впливають на результати розрахунків

Для обчислення формули (5) необхідно визначити початкові й граничні умови та врахувати фактори, що впливають на інтенсивність стоку дощової води до водоймища.

Введемо фактор $M_{\text{критич}}(t_0, S_0)$ – критичну масу, при якій ґрунт все ще утримує всю вологу у собі.

Від співвідношення $M \leftrightarrow M_{\text{критич}}$ будуть залежати результати процесу.

При $M_{\text{критич}} - M > 0$ буде відбуватися процес подальшого насичення ґрунту вологою.

При $M_{\text{критич}} - M < 0$ буде відбуватися процес стікання води до водоймища.

При $M_{\text{критич}} - M(\text{критич}) = 0$ буде відбуватися процес нестійкої рівноваги з можливістю переходу у першу чи другу кондицію.

Нормативні дані про фільтраційні можливості ґрунтів на конкретних ділянках, особливості поверхні та інші параметри можуть бути відсутні, тому при обчисленні стоків виділяють пробні ділянки, на яких проводять необхідні вимірювання. Цей підхід можна застосувати для розрахунків за формулою (5).

Для пробної ділянки S_{0x} з використанням експериментальних даних можливо провести аналіз імовірності злива водних потоків з поверхні масиву S_{0x} у водойму. Далі, базуючись на експериментальних даних по ділянці S_{0x} , можна обчислювати уточнене значення m_p .

За вказаним методом можна побудувати систему недопущення витоку води з ґрунту до водних об’єктів, за допомоги якої можна запропонувати заходи для зменшення імовірності повені.

Графічне відображення системи недопущення витоку води з ґрунту до водних об’єктів надано

на рис. 3 із запропонованими можливими параметрами, які будуть відігравати роль у проходженні водою обраної ґрунтової ділянки. До цих параметрів можна віднести метеорологічні, клімато-біологічні, геоморфологічні, літологічні чинники.

Набір чинників може корегуватися в залежності від властивостей ділянки, яка досліджується.

На основі розрахунку за запропонованими формулами з введенням корекції маси води, яка поглинається ділянкою ґрунту, з урахуванням чинників, притаманних обраній ділянці, можливо отримати показник імовірності надходження води з ділянки до водоймища.

Враховуючи результати дослідження на обраній ділянці, можливо розробити комплекс заходів щодо максимізації $M_{\text{критич}}$ та, відповідно, зменшення імовірності надходження води з ділянки до водоймища.

6. Висновки

На основі аналізу існуючого методу обчислення обсягу стоку з поверхні ґрунту до водоймища запропоновано шлях його удосконалення через врахування інфільтрації води в ґрунт на неурбанізованих територіях.

1. Запропоновано удосконалену формулу об’єму стоку, що інфільтрується до ґрунту, для територій, суміжних з урбанізованими.

2. Запропоновано формулу для розрахунку маси води, що буде стікати з поверхні визначеної ділянки земної поверхні під час опадів.

3. Запропоновано підхід щодо розв’язання задачі обчислення уточненого значення маси води, що буде стікати до водоймища під час опадів та визначення факторів, що впливають на результати розрахунків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Flooding and its effect on trees / Bratkovich S. et al. Misc. Publ. Newtown Square, PA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Northern Area State & Private Forestry, 1993.
2. Safe management of wastes from health-care activities / edited by Y. Chartier et al. – 2nd ed. Geneva: World Health Organization, 2014. 329 p. URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0012/268779/Safe-management-of-wastes-from-health-care-activities-Eng.pdf (дата звернення: 10.03.2022).
3. Мозговий Д. К. Супутниковий моніторинг повеней за даними радарної зйомки С-діапазону. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2018. № 16. С. 4–12.
4. Сніжко С., Шевченко О., Дідовець Ю. Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси України (резюме дослідження). Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2021. 68 с.
5. Jha A. K., Bloch R., Lamond J. Cities and flooding: a guide to integrated urban flood risk management for the 21st century. World Bank, Washington, 2012. 632 p. URL: <http://hdl.handle.net/10986/2241> (дата звернення: 10.03.2022).
6. Изменение климата и водные ресурсы. Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Бэйтс Б. К., Кунддевич З. В., Саохон У., Палютикоф Ж. П. (ред.). Женева: Секретариат МГЭИК, 2008. 228 с.
7. Чипак: История разрушительных последствий наводнения 1998 года на Закарпатье уже не повторится. ZN.UA, 24.04.2009. URL: https://zn.ua/internal/chipak_istoriya_razrushitelnyh_posledstviy_navodneniya_1998_goda_na_zakarpatie_uzhe_ne_povtoritsya.html (дата звернення: 10.03.2022).
8. Березнева повинь 2001 року на Закарпатті: погляд через роки. UKRINFORM.UA, 2011. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-politics/74590-berezneva_povny_2001_na_zakarpatt_poglyad_cherez_rk_62246.html (дата звернення: 18.11.2021).
9. Шрамович В. Чому затопило Карпати та чи пов'язано це з вирубокю лісів. BBC News Україна, 25.06.2020. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-53169074> (дата звернення: 10.03.2022).
10. Наводнение в Украине 2020 года. GORDON.UA, 2020. URL: <https://gordonua.com/tags/navodnenie-v-ukraine-2020-goda.html> (дата звернення: 10.03.2022).
11. Рибалова О. В. Визначення впливу природних чинників на формування поверхневого стоку. *VII International Scientific and Practical Conference «International Trends in Science and Technology»*. Warsaw, Poland RS Global, 2018. P. 10–17. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/8302> (дата звернення: 10.03.2022).
12. Pešková J., Štibinger J. Computation method of the drainage retention capacity of soil layers with a subsurface pipe drainage system. *Soil & Water Research*. 2015. Vol. 10(1). P. 24–31. DOI: 10.17221/119/2013-SWR.
13. Field estimation of soil water content: a practical guide to methods, instrumentation and sensor technology / Cepuder P. et al. IAEA, Vienna, 2008. 131 p.
14. Song S., Wang W. Impacts of antecedent soil moisture on the rainfall-runoff transformation process based on high-resolution observations in soil tank experiments. *Water*. 2019. Vol. 11(2). P. 296–314. DOI: 10.3390/w11020296.
15. Rybalova O., Artemiev S. Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 5(10-89). P. 67–76. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.112211.
16. Tarnavsky E., Mulligan M., Ouessar M. Dynamic hydrological modeling in drylands with TRMM based rainfall. *Remote Sensing*. 2013. Vol. 5(12). P. 6691–6716. DOI: 10.3390/rs5126691.
17. Національний класифікатор України. Класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010. Прийнято та надано чинності Наказом Держспоживстандарту України 11.10.2010 № 457. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10#Text> (дата звернення: 10.03.2022).
18. ДСТУ 8691:2016. Стічні води. Настанови щодо встановлення технологічних нормативів відведення дощових стічних вод у водні об'єкти. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 28 с.
19. Екологічні ризики виникнення повеней на Західній Україні / Адаменко М. І. та ін. Міжнародна науково-практична конференція «Problems of Emergency Situations». X.: НУЦЗ України, 2021. С. 366–367. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/13002>.

Adamenko M., Vasilchenko A., Darmofal E., Danilin O.**WAYS TO IMPROVE THE METHOD OF CALCULATING THE VOLUME OF RUNOFF FROM THE SOIL SURFACE**

The article considers the problem, which is becoming increasingly important in the environmental and economic spheres. It is noted that due to the trend of global warming, the dangers of floods and their harmful environmental and economic consequences are becoming worldwide importance. In this regard, we need to solve the problem in the field of strategies for timely response to floods, mitigating their consequences and preservation of natural floodplain resources. The article analyzes additional factors influencing floods in Western Ukraine through climatic changes, unauthorized scarring forests, anthropogenic changes. To solve the problem of flood forecasting and reducing their consequences, a systematic approach is proposed, which takes into account the environmental risks of floods. A scenario approach is used, which reproduces the tree of possible developments during and after the flood. Arrays of initial input emergencies, probable emergencies and probable consequences are formed. Based on the considered scenarios, strategies and risks management options are constructed. Meaning the scenario approach, the article shows that the normative calculation of the volume of the drain from the soil surface to the reservoir does not take into account some important factors such as soil filtration capacity, surface slope and other parameters. For a more accurate determination of the number of drains it is recommended to improve the estimated formula. To do this, it is proposed to use a double integral over time and mass of water on the surface, which takes into account the mass of water arrival and water outflow, which in turn take into account the properties of the study area, evaporation and the ability of the soil to retain moisture, follow the balance sheet. In this case, conclusions are made to develop a set of measures to reduce the risk of floods and malicious effects.

Key words: ecological safety, ecological risk, flooding, dangerous consequences, natural resources, economic costs, soil blotting capacity, sewage.

REFERENCES

1. Bratkovich, S., Burban, L., Katovich, S., Locey, C., Pokorny, J., & Wiest, R. (1993). *Flooding and its Effect on Trees*. Misc. Publ. Newtown Square, PA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Northern Area State & Private Forestry.
2. Chartier, Y., Emmanuel, J., Pieper, U., Prüss, A., Rushbrook, P. (eds.) (2014). *Safe management of wastes from health-care activities*. 2nd edition. Geneva, World Health Organization, 329. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0012/268779/Safe-management-of-wastes-from-health-care-activities-Eng.pdf.
3. Mozgovoy, D. K. (2018) Cuputnykovyy monitorynh povney za danymy radarnoyi z'yomky C-diapazonu [Satellite monitoring of floods by C-band radar data]. *Ukrayins'kyi zhurnal dystantsiynoho zonduvannya Zemli*, 16, 4–12. [in Ukrainian]

4. Snizhko, S., Shevchenko, O., & Didovets', Yu. (2021). *Analiz vplyvu klimatychnykh zmin na vodni resursy ukrayiny (rezyume doslidzhennya)* [Analysis of the impact of climate change on water resources of Ukraine (study summary)]. Tsentr ekolohichnykh initsiatyv «Ekodiy», 68. [in Ukrainian].
5. Jha, A. K., Bloch, R., & Lamond, J. (2012). *Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century*. World Bank, Washington, 632. <http://hdl.handle.net/10986/2241>.
6. Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Saohon, U., & Palutikof, J. P. (2008). *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, IPCC Secretariat, 228.
7. ZN.UA (2009). *Chipak: Istorija razrushitel'nyh posledstvij navodnenija 1998 goda na Zakarpat'e uzhe ne povtoritsja* [Chipak: The story of the devastating consequences of the 1998 flood in Transcarpathia will not be repeated]. 24.04.2009. https://zn.ua/internal/chipak_istoriya_razrushitelnyh_posledstviy_navodneniya_1998_goda_na_zakarpatie_uzhe_ne_povtoritsya.html. [in Russian].
8. UKRINFORM.UA. (2011). Berezneva povin' 2001 roku na Zakarpatti: poglyad cherez roky [March flood of 2001 in Transcarpathia: a look through the years]. https://www.ukrinform.ua/rubric-politics/74590-berezneva_povn_2001_na_zakarpat_poglyad_cherez_rk_62246.html. [in Ukrainian].
9. Shramovych, V. (2020). *Chomu zatopylo Karpaty ta chy pov'jazano ce z vyrubkoju lisiv* [Why the Carpathians were flooded and whether it is related to deforestation]. BBC News Ukraine, 25.06.2020. <https://www.bbc.com/ukrainian/features-53169074>. [in Ukrainian].
10. GORDON.UA. (2020). Navodnenie v Ukraine 2020 goda [Flooding in Ukraine in 2020]. <https://gordonua.com/tags/navodnenie-v-ukraine-2020-goda.html>. [in Russian].
11. Rybalova, O. V. (2018). Vyznachennya vplyvu pryrodnykh chynnykiv na formuvannya poverkhnego stoku [Determination of the influence of natural factors on the formation of surface runoff]. *VII International Scientific and Practical Conference «International Trends in Science and Technology»*, Warsaw, Poland RS Global, 10–17. <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/8302>. [in Ukrainian]
12. Pešková, J., & Štibinger, J. (2015). Computation method of the drainage retention capacity of soil layers with a subsurface pipe drainage system. *Soil & Water Research*, 10(1), 24–31. DOI: 10.17221/119/2013-SWR.
13. Cepuder, P., Evett, S., Heng, L. K., Hignett, C., Laurent, J. P., & Ruelle, P. (2018). *Field estimation of soil water content: a practical guide to methods, instrumentation and sensor technology*. IAEA, Vienna, 131.
14. Song, S., & Wang, W. (2019). Impacts of antecedent soil moisture on the rainfall-runoff transformation process based on high-resolution observations in soil tank experiments. *Water*, 11(2), 296–314. DOI: 10.3390/w11020296.
15. Rybalova, O., Artemiev, S. (2017). Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10-89), 67–76. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.112211.
16. Tarnavsky, E., Mulligan, M., & Ouessar, M. (2013). Dynamic hydrological modeling in drylands with trmm based rainfall. *Remote Sensing*, 5(12), 6691–6716. DOI:10.3390/rs5126691.
17. National Classifier of Ukraine. (2010). *Classifier of emergency situations DK 019:2010*. Adopted and entered into force by the Order of Derzhspozhyvstandart of Ukraine 11.10.2010 No. 457. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10#Text>
18. DSTU 8691:2016. (2016). *Stichni vody. Nastanovy shhodo vstanovlennja tehnologichnyh normatyviv vidvedennja doshovyh stichnyh vod u vodni ob'jekty* [Sewage Sludge. To Install Technological Standards Diversion Of Rainwater Sewage Into Water Bodies]. Kyiv: DP “UkrNDNC”, 28.
19. Adamenko, M. I., Darmofal, E. A., Vasilchenko, O. V., & Danilin, O. M. (2021). Ekologichni ryzyky vynykennja povenej na Zahidnij Ukrai'ni [Environmental risks of floods in Western Ukraine]. *International scientific-practical conference “Problems of Emergency Situations”*, 366–367. <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/13002>. [in Ukrainian].