

Москаленко С.О., Гринько А. В.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЛЕВИХ ПОТОКІВ ТА ЇХ ВОДОЗБОРІВ В БАСЕЙНАХ РІЧОК ПРУТУ І СІРЕТУ В МЕЖАХ УКРАЇНИ

В статті проаналізовано та узагальнено характеристики селевих потоків в басейні річок Прута і Сірету в межах України. Основні методи, що застосовано – методи математичної статистики, а саме, використано гістограми розподілу характеристик селевих потоків та кореляційно-регресивний аналіз зв'язків між ними. Для проведення дослідження сформовано 5 статистичних рядів характеристик селевих потоків - площ селевих басейнів, висотних відміток їх найвищих точок, довжин та середніх похилів селевих русел, висотних відміток їх замикаючих створів. Загальна кількість членів вищезазначених рядів за кожною з характеристик селів складає 143 (в басейні р. Прут – 125, в басейні р. Сірет – 18). Побудовані гістограми відносних частот у вигляді часткових інтервалів для всіх досліджуваних характеристик продемонстрували особливості їх розподілу, що дозволило виділити найбільш типові показники селевих потоків, які притаманні досліджуваній території. Кореляційно-регресивний аналіз показав взаємообумовленість та взаємопов'язаність між досліджуваними характеристиками селевих потоків. Отримані результати мають практичне значення, оскільки характеризують основні закономірності та особливості формування селів в басейнах річок Прута і Сірету, які належать до небезпечних гідрологічних явищ у гірській та передгірній частині досліджуваної території.

Ключові слова: *селеві потоки, басейни річок Прута і Сірету в межах України, статистичний аналіз, характеристики селевих потоків.*

Вступ. Селевий потік (сель) – раптовий бурхливий паводок на гірських річках, потічках, ущелинах, який являє собою потік суміші води та величезної кількості наносів, уламків гірських порід від глинистих часток до великих валунів та каміння, що призводить за відносно короткий проміжок часу до значних змін русла водотоку та формує специфічні відклади в результаті розпаду селевої суміші або припинення її руху [1, 3, 10, 11, 13]. Тому вивчення селевих потоків (селів) є надзвичайно актуальним в сучасному контексті забезпечення безпеки гірських територій, природоохоронних заходів, розвитку інфраструктури. Вивчення селевих процесів набуває особливого значення в Українських Карпатах, які є одним із найбільш схильних до таких явищ територій [2, 5, 7, 8]. Розвиток сучасних наукових досліджень, як в Україні, так і за її межами, повинен створювати основу для мінімізації наслідків селевих потоків та покращення управління ризиками, пов'язаними із цим небезпечним явищем. [7, 9, 10, 12]. Ефективне управління селевими ризиками загалом передбачає комплексний підхід. При цьому визначальними чинниками, які відіграють вирішальну роль у прогнозуванні, моніторингу, реалізації захисних заходів та ліквідації наслідків, є характеристики селевих потоків, вивчення яких надає уявлення та наукові знання про умови формування та утворення селів, про їх розміри, потужність, про закономірності їх розподілу в межах досліджуваних територій [7, 10, 12]. Метою представленого дослідження є статистичний аналіз та узагальнення характеристик селевих потоків в басейні річок Прута і Сірету в межах України.

Вихідні передумови, дані та методи досліджень. У межах України знаходяться лише верхів'я річок Пруту і Сірету, які є притоками Дунаю. До основної зони формування стоку води відноситься гірська частина басейнів річок Пруту і Сірету (близько 45 % від загальної їх площі). Річка Прут бере свій початок у Чорногірських Карпатах на висоті 1580 м абс. Її довжина на території України близько 272 км, площа водозбору – 8000 км². Річка Сірет починається у Покутсько-Буковинських Карпатах на висоті 740 м, у межах України – довжина 115 км, а площа – 2070 км².

Басейни річок Прута та Сірету в межах України характеризуються специфічною геологічною будовою і рельєфом, які визначаються складним чергуванням осадових порід мезозойського та кайнозойського віку, таких як піщаники, мергелі, глини, вапняки, які переважають у передгір'ях, а також метаморфічних порід палеозою в гірських районах. Рельєф у верхів'ї р. Прут має яскраво виражений гірський характер. Нахил русла у цій частині понад 100 м/км. У середній течії спостерігається хвилястий рельєф, а у нижній течії

річка характеризується значною звивистістю, сповільненою течією та заболоченими пригірловими територіями [5, 7].

Кліматичні умови басейнів річок Прута та Сірету в межах України є складними та різноманітними, що обумовлено їх географічним положенням з вираженим впливом гірських систем. Основні атмосферні процеси зумовлені переважанням антициклональної циркуляції протягом року. Середня річна кількість опадів збільшується у напрямку до високогір'я і змінюється від 630 до 1410 мм. В окремі роки їх величина може досягати 940-1830 мм, тоді як у посушливі роки 370-560 мм. У температурному режимі повітря виділяється висотна зональність, за середньорічними показниками температура повітря становить $+8,1^{\circ}\text{C}$ [5].

У гірській частині досліджуваних басейнів переважають щебенисті та бурі лісові ґрунти, тоді як у передгірських та рівнинних районах формуються більш родючі ґрунти, такі як чорноземи та сірі лісові ґрунти. Рослинний покрив характеризується висотною поясністю, у гірській частині домінують хвойні ліси (ялина, смерека, ялиця). На висотах >1250 м ліси змінюються субальпійськими луками з гірською сосною, вільхою та рододендроном.

Басейни річок Прута та Сірету в межах України вирізняються складною гідрографічною структурою і характеризується високою щільністю гідрографічної мережі – найбільша від 2,3 до 2,7 км/км². У водному режимі спостерігається весняне водопілля, переважають дощові паводки в теплий сезон, тало-дощові в холодний період року бувають, але рідше (рис.1).

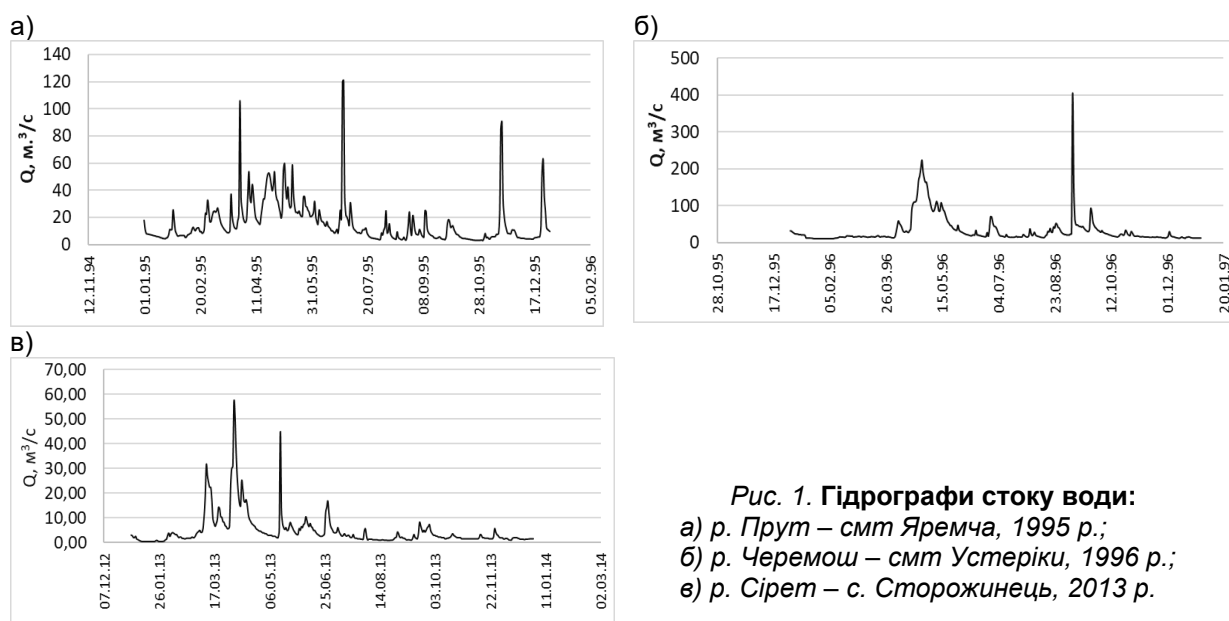


Рис. 1. Гідрографи стоку води:
 а) р. Прут – смт Яремча, 1995 р.;
 б) р. Черемош – смт Устеріки, 1996 р.;
 в) р. Сірет – с. Сторожинець, 2013 р.

Основна частина селевих подій припадає на теплий період року. Значна кількість опадів сприяє швидкому скиданню дощової води з водозборів. Тут близько від поверхні розташований водоупорний горизонт, перекритий уламковим матеріалом. У цьому шарі відбувається утворення достатньо потужного за своїми об'ємами підповерхневого стоку за рахунок води, що інфільтрується під час дощу. А це є сприятливим для утворення селевих потоків.

Для аналізу і узагальнення характеристик селевих потоків у басейнах річок Прута та Сірету в межах України було використано багаторічні дані спостережень експедицій Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту та гідрографічної партії Центральної геофізичної обсерваторії [10]. Основні характеристики селевих потоків, які були взяті до дослідження, наступні: 1) площі селевих водозборів, км²; 2) висотні відмітки найвищих точок басейнів, мБс; 3) середні похили селевих русел, м/км; 4) довжини селевих русел, км; 5) висотні відмітки замикаючих створів селевих потоків, мБс. Таким чином, було сформовано 5 статистичних сукупностей, з загальною кількістю членів ряду за кожною характеристикою селевих потоків – 143 (в басейні р. Прут – 125, в басейні р. Сірет – 18).

Основні методи, які застосовувалися – методи математичної статистики, а саме, використано гістограми розподілу характеристик селевих потоків та кореляційно-регресивний аналіз зв'язків між ними [6].

Результати дослідження. Використовуючи вихідні дані, побудовано гістограми розподілу відносних частот у вигляді часткових інтервалів (рис. 2), які демонструють розподіл числових характеристик селевих потоків у басейнах річок Прута та Сірету в межах України і показують, як часто значення в певних інтервалах зустрічаються у рядах даних.

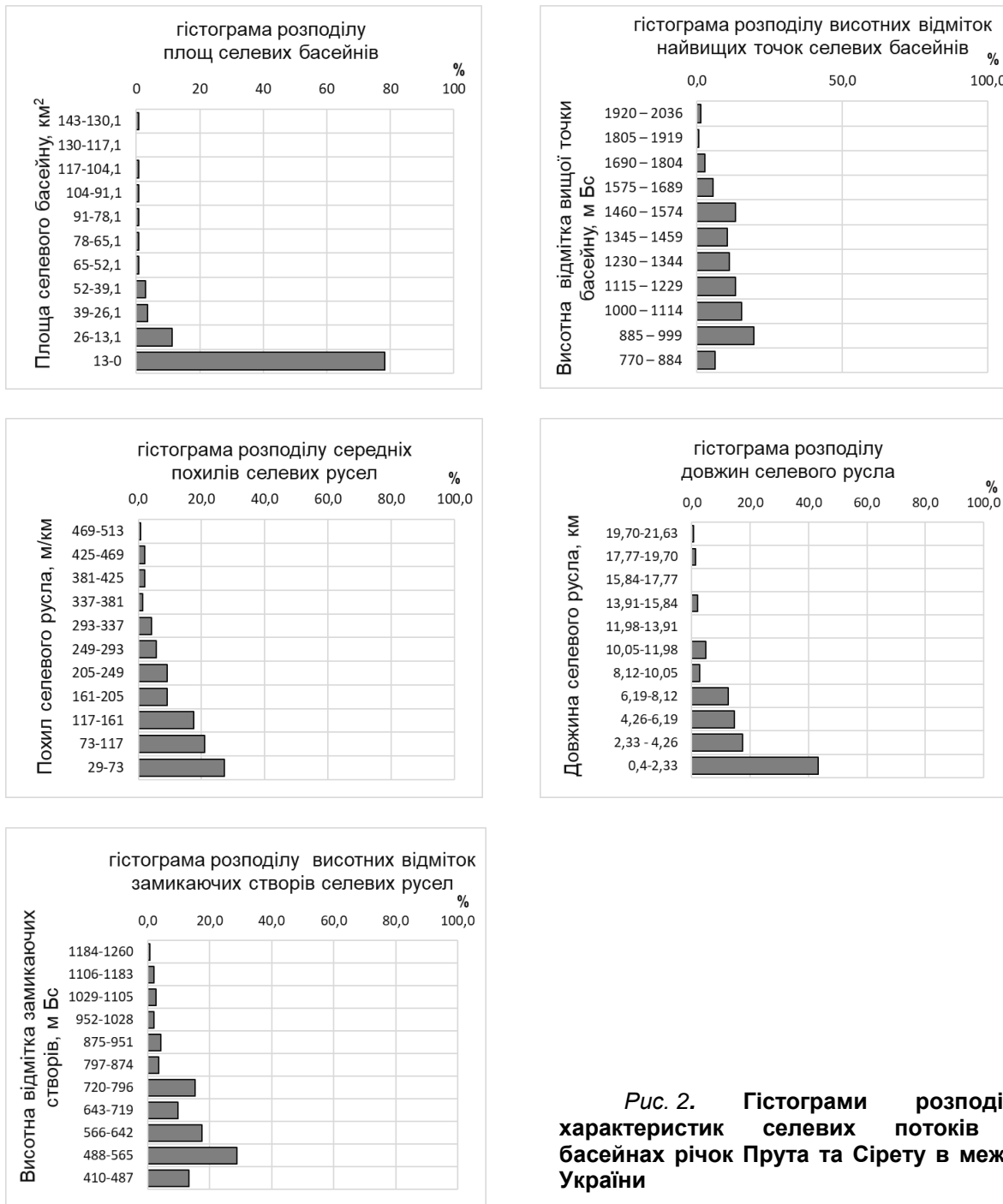


Рис. 2. Гістограми розподілу характеристик селевих потоків у басейнах річок Прута та Сірету в межах України

Гістограми розподілу добре візуалізували форму, центр та розсіювання характеристик селевих потоків у досліджуваних басейнах, дозволяючи зрозуміти їх розподіл.

В табл. 1 наведено розмах варіації характеристик селевих потоків та виділено найхарактерніші (частіше повторювані) їх значення у басейнах річок Прута та Сірету в межах України.

Таблиця 1. Розмах варіювання та найхарактерніші значення показників селевих потоків у басейнах річок Прута та Сірету в межах України

Характеристики селевих потоків	Розмах варіювання характеристик селевих потоків		Найхарактерніші показники селевих потоків	
	найменше значення	найбільше значення	Інтервал значень	Відсоток появи
Площі селевих басейнів	0,12	140	0,12 - 13 км ²	78,3
Висотні відмітки найвищих точок селевих басейнів	770	2036	885 - 1575 м Бс	83,2
Середні похили селевих русел	29	512	29 - 160 м/км	65,7
Довжини селевих русел	0,4	21,6	0,4 - 8 км	88,1
Висотні відмітки замикаючих створів селів	410	1260	410 - 800 м Бс	84,6

Виходячи з табл.1, можна констатувати, що у басейнах Прута та Сірету в межах України у розподілах досліджуваних рядів характеристик селевих потоків переважає додатна асиметрія. Більшість селевих потоків мають порівняно невеликі площі від 0,12 км² до 13 км² (на цей діапазон припадає 112 випадків із досліджуваних 143 або 78,3 %). Найбільша кількість селевих потоків формується у висотній зоні від 885 м Бс до 1574 м Бс (119 випадків із 143 або 83,2 %). Характерними є середні похили селевих русел – від 29 м/км до 160 м/км (94 випадка із 143 або 65,7 %), а довжини селевих русел здебільшого становлять від 0,4 до 8 км (126 випадків із 143 або 88,1 %). Замикаючі створи русел селевих потоків найчастіше розташовані в межах висот від 410 м Бс до 800 м Бс (121 випадок із 143 або 84,6 %).

Треба зазначити, в басейнах Прута та Сірету в межах України трапляються й потужніші селі за різними параметрами, але такі випадки є рідкими (табл.1).

Так, всього 3 випадки з 143 (2 %) зафіксовано таких, коли площі селевих басейнів були в інтервалі 90-143 км². Висотні відмітки найвищих точок селевих басейнів в майже 5 % від всіх випадків (7 з 143) знаходилися в межах висот 1880-2036 м Бс. На середні похили селевих русел – 380-512 м/км приходяться теж майже 5 %. Селеві русла довжиною від 15 км до 21,6 км спостерігалися у 4,2 % випадків (6 із 143). Висотні відмітки замикаючих створів селевих потоків у 5,6 % випадків розташовувалися на висотах від 110-1260 м Бс.

Для виявлення статистичних взаємозв'язків між характеристиками селевих потоків застосовано кореляційно-регресивний аналіз, яких демонструє ймовірнісну залежність між визначеними фіксованими значеннями однієї характеристики та відповідними їм значеннями іншої.

На рис. 3 представлені графіки кореляційних зв'язків між характеристиками селевих потоків в басейнах річок Прута і Сірету в межах України. Бачимо, що між характеристиками селевих потоків існують «досить високі» і «високі» зв'язки, як прямі так й зворотні, є зв'язки, які за своєю тісністю відносяться до «помітних» та «помірних», присутня й «слабка» кореляція між характеристиками селевих потоків.

Для зручності аналізу та узагальнення взаємозв'язків між характеристиками селевих потоків в басейнах річок Прута і Сірету в межах України сформована кореляційна матриця з оцінкою за кореляційним відношенням r (табл. 2).

Кореляційно-регресивний аналіз виявив, що «досить високий» прямий зв'язок виявляється між площею селевого басейну та довжиною селевого русла (кореляційне відношення $r = 0,97$): чим більша площа селевого басейну, тим довше селеве русло. Також «досить високий» зворотний зв'язок відстежується між площею селевого басейну та середнім похилом селевого русла ($r = -0,85$): чим більша площа селевого басейну, тим менший похил селевого русла. Подібна закономірність спостерігається між довжиною селевого русла і його похилом ($r = -0,88$): довші селеві русла мають менший похил.

«Помітними» (менш вираженими) є прямі зв'язки:

- між площами селевих басейнів і висотою їх утворення ($r = 0,66$): менші площі мають селеві басейни, які утворюються вище в горах;
- між висотними відмітками найвищих точок селевих басейнів й довжиною селевого русла ($r = 0,62$): чим вище утворюється селевий басейн, тим довше селеве русло;

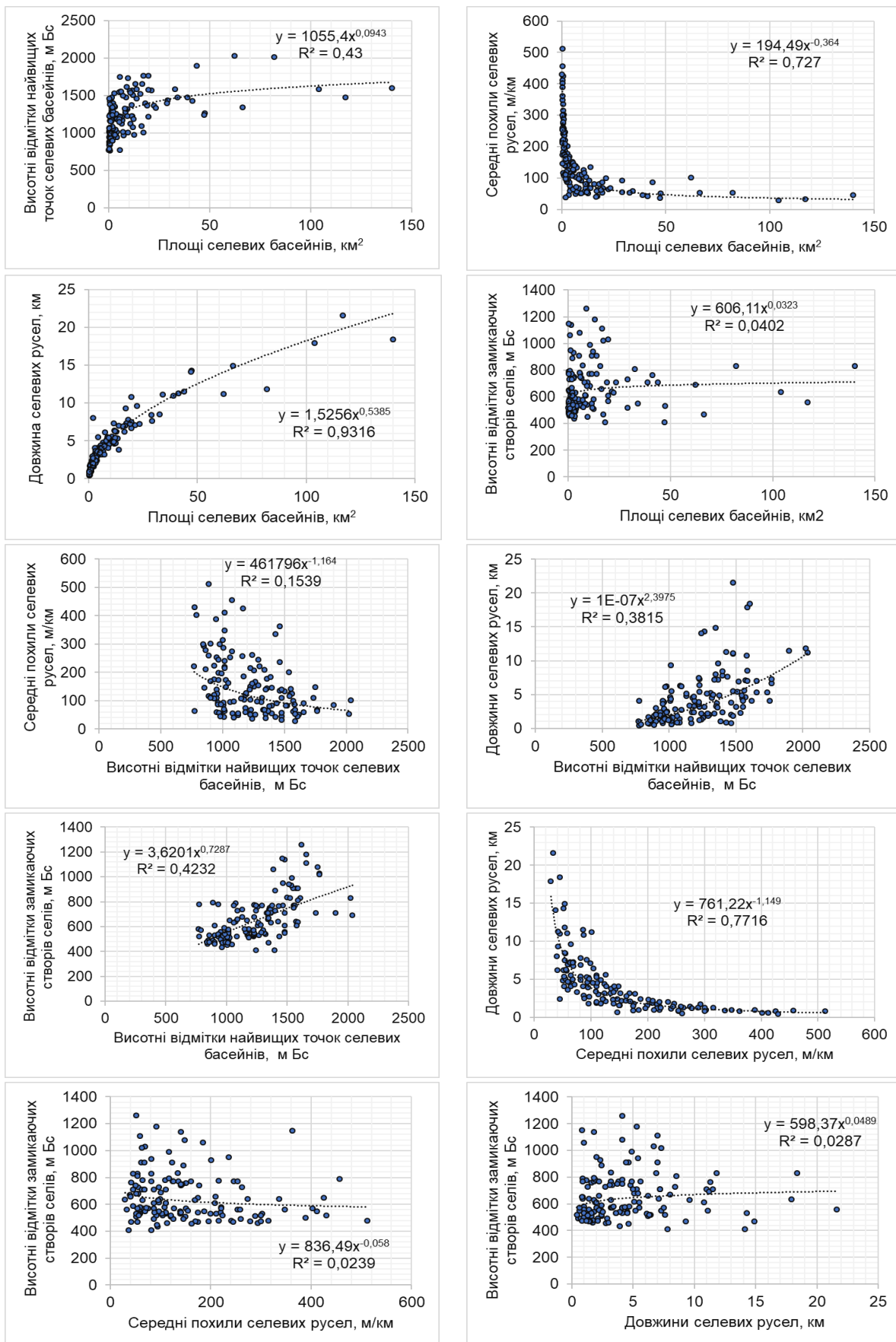


Рис. 3. Графіки кореляційних зв'язків між характеристиками селевих потоків в басейнах річок Прута і Сирету в межах України

– між висотними відмітками найвищих точок селевих басейнів та висотними відмітками замикаючих створів селевих потоків ($r = 0,65$): чим вище в горах утворюється селевий басейн, тим вище закінчується селевий потік.

Таблиця 2. Кореляційна матриця характеристик селевих басейнів та їх оцінка за кореляційним відношенням r для басейнів річок Прута і Сірету в межах України

Характеристики селевих басейнів	Площі селевих басейнів, км ²	Висотні відмітки найвищих точок селевих басейнів, м Бс	Середні похили селевих русел, м/км	Довжини селевих русел, км	Висотні відмітки замикаючих створів селів, м Бс
Площі селевих басейнів, км ²	1	0,66	-0,85	0,97	0,20
Висотні відмітки найвищих точок селевих басейнів, м Бс	0,66	1	-0,39	0,62	0,65
Середні похили селевих русел, м/км	-0,85	-0,39	1	-0,88	-0,15
Довжини селевих русел, км	0,97	0,62	-0,88	1	0,17
Висотні відмітки замикаючих створів селів, м Бс	0,20	0,65	-0,15	0,17	1

В одному випадку існує зворотній «помірний» зв'язок між середнім похилом селевих русел і висотними відмітками найвищих точок селевих басейнів ($r = -0,39$). В інших випадках, як-от між висотними відмітками замикаючих створів селів та площами селевих басейнів ($r = 0,20$), середніми похилами селевих русел ($r = -0,15$), довжинами селевих русел ($r = 0,17$) зв'язки «слабкі».

Кореляційно-регресивний аналіз показав, що не всі характеристики селевих потоків взаємно зумовлюють одна одну. Це свідчить про те, що формування селевих потоків має складну просторову структуру.

Висновки. Вивчення селевих потоків зумовлено високою природною небезпекою селів для гірських територій, зокрема й для басейнів річок Прута і Сірету в межах України, де їх виникнення несе серйозну загрозу як для природного середовища, так і для населення та інфраструктури.

Аналіз та узагальнення гістограм розподілу характеристик селевих потоків показав, що селеві процеси в басейнах річок Прута і Сірету є характерними для гірських територій, селеві потоки формуються в межах висот 885-1575 м Бс, переважають невеликі за довжиною селеві русла (0,4-8,0 км) з помірними похилами (29-160 м/км) та з незначними площами селевих басейнів (0,12-13 км²).

Кореляційно-регресивний аналіз показав, що «досить високий» прямий зв'язок між площею селевого басейну та довжиною селевого русла ($r = 0,97$), «досить високий» зворотний зв'язок між площею селевого басейну та середнім похилом селевого русла ($r = -0,85$) та між довжиною селевого русла і його похилом ($r = -0,88$). Зв'язки висотних відміток найвищих точок селевих басейнів та висотних відміток замикаючих створів селевих потоків з іншими характеристиками виявилися «помірними» та «слабкими». Отже, можна констатувати, що у басейнах річок Прута і Сірету в межах України мають місце такі закономірності – чим більша площа селевого басейну, тим довше селеве русло і тим менший його похил. І на це майже не впливає те, на якій висоті формуються селі.

Практичні результати дослідження можуть бути використані для оцінки потенційної селевої небезпеки в межах басейнів Прута і Сірету на території України.

Список літератури

1. Айзенберг М.М., Лундин С.М., Семенихина О.С. Кадастровые данные селей в Украинских Карпатах и их оценка. Труды УкрНИИ Госкомгидромета, 1983, вып. 194, с.116-121.
2. Айзенберг М.М. Лундин С.М., Семенихина А.С., Яблонский В.В. Селевые очаги в Украинских Карпатах. Труды УкрНИИ Госкомгидромета, 1978, вып.162, с.64-70.
3. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2008. 399 с. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/02/PIDRUCHNYK.pdf>

4. Класифікації селів. Сельозбірний басейн. URL: https://geoknigi.com/book_view.php?id=1608.
5. *Лундин С.М.* Сели. В кн.: «Тепловой и водный режим Украинских Карпат»: Гидрометеиздат, Л., 1985. с.263-274.
6. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Математичні методи в гідрометеорології» / Упорядник О. І. Лук'янець. К.: ВПЦ «Київський університет», 2010. 60 с.
7. *Мисак Т. Б.* Просторовий аналіз та прогнозування поширення селевих осередків у Карпатському регіоні. Збірник наукових праць УкрДГРІ, 2011. Вип. 1. С. 211-222.
8. Селеві явища у Карпатах: катастрофічні наслідки. URL: https://osvita.ua/vnz/reports/geograf/26078/#google_vignette
9. *Сурай К.С., Лук'янець О.І.* Основні характеристики селевих басейнів Українських Карпат: статистичний аналіз та особливості їх територіального розповсюдження. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2017. Т. 2(45).С. 53-60.
10. Створення систем прогнозування селевих явищ у басейнах Тиси, Прута і Дністра / Сусідко М.М., Грищенко В.Ф. Звіт про НДР УкрНДГМІ (заключний), том 4: 2005, 40с.
11. *Хильчевський В.К. Гребінь В.В., Манукало В.О.* Гідрологічний словник. Київ: ДІА, 2022. 236 с.
12. *Шевчук В. В.* Розробка засобів комп'ютерного моделювання селевої небезпеки в межах Карпатського регіону. Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики : зб. наук. пр. Київ, 2009. С. 307-318.
13. *Gryshchenko V., Sosedko M., Shcherbak A.* Murgangerscheinungen im Karpaten-Gebitt , XX Konferenz der Donauländer, Bratislava (Slowakei), 2000.-Kompakt-Diskus; Kurzfassungen, s.29.

Reference

1. *Ajzenberg M.M., Lundin S.M., Semenihina O.S.* Kadastrye dannye selej v Ukrainskih Karpatah i ih oenka [Cadastral data of mudflows in the Ukrainian Carpathians and their assessment]. Trudy UkrNII Goskomgidrometa, 1983, vyp. 194, s.116-121.
2. *Ajzenberg M.M. Lundin S.M, Semenihina A.S., Yablonskij V.V.* Selevye ochagi v Ukrainskih Karpatah [Mudflows in the Ukrainian Carpathians]. Trudy UkrNII Goskomgidrometa, 1978. vyp.162. s.64-70.
3. Zahalna hidrohohiia: pidruchnyk [General Hydrology: Textbook] / V.K. Khilchevskiy, O.H. Obodovskiy, V.V. Hrebin ta in. K.: VPTs «Kyivskiy universytet», 2008. 399 s. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/02/PIDRUCHNYK.pdf>
4. Klyasyfikatsii seliv. Selozbirnyi basein [Classification of mudflows. Mudflow basin]. URL: https://geoknigi.com/book_view.php?id=1608.
5. *Lundin S.M.* Seli. V kn.: «Teplovoj i vodnyj rezhim Ukrainskih Karpat» [Sat down In the book: "Thermal and water regime of the Ukrainian Carpathians"]: Gidrometeoizdat, L., 1985. s.263-274.
6. Metodychni vkazivky do vykonannya praktychnykh robit z dystsypliny «Matematychni metody v hidrometeorologii» [Methodological instructions for performing practical work in the discipline "Mathematical Methods in Hydrometeorology"]/ Uporiadnyk O. I. Lukianets. K.: VPTs «Kyivskiy universytet», 2010. 60 s.
7. *Mysak T. B.* Prostorovy analiz ta prohnozuvannya poshyrennia selevykh oseredkiv u Karpatskomu rehioni [Spatial analysis and prediction of the spread of mudflow centers in the Carpathian region]. Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI, 2011. Vyp. 1. S. 211-222.
8. Selevi yavyscha u Karpatakh: katastrofichni naslidky [Mudslides in the Carpathians: catastrophic consequences]. URL: https://osvita.ua/vnz/reports/geograf/26078/#google_vignette
9. *Surai K.S., Lukianets O.I.* Osnovni kharakterystyky selevykh baseiniv Ukrainskykh Karpat: statystychnyi analiz ta osoblyvosti yikh terytorialnoho rozpovsiudzhennia [Main characteristics of mudflow basins of the Ukrainian Carpathians: statistical analysis and features of their territorial distribution]. Hidrohohiia, hidrohohiia i hidroekohohiia, 2017.T. 2(45).S. 53-60.
10. Stvorennia system prohnozuvannya selevykh yavysch u baseinakh Tysy, Pruta i Dnistra [Creation of mudflow forecasting systems in the Tisza, Prut and Dniester basins] / Susidko M.M., Hryshchenko V.F. Zvit pro NDR UkrNDHMI (zakliuchnyi), tom 4: 2005, 40s.
11. *Khilchevskiy V.K. Hrebin V.V., Manukalo V.O.* Hidrohohichnyi slovnyk [Hydrological dictionary]. Kyiv: DIA, 2022. 236 s.
12. *Shevchuk V. V.* Rozrobka zasobiv kompiuternoho modeliuvannya selevoi nebezpeky v mezhakh Karpatskoho rehionu [Development of computer modeling tools for landslide hazard within the Carpathian region]. Teoretychni ta prykladni aspekty heoinformatyky : zb. nauk. pr. K., 2009. S. 307–318.
13. *Gryshchenko V., Sosedko M., Shcherbak A.* Murgangerscheinungen im Karpaten-Gebitt , XX Konferenz der Donauländer, Bratislava (Slowakei), 2000.-Kompakt-Diskus; Kurzfassungen, s.29.

Analysis and generalization of the characteristics of mudflow flows and their catchments in the Prut and Siret River basins within Ukraine

Moskalenko S.O., Grynko A.V.

The article analyzes and summarizes the characteristics of mudflows in the Prut and Siret river basins within Ukraine. The studied river basins, as part of the complex physical and geographical structure of the Carpathian region,

ISSN:2306-5680 **Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2025. № 1 (75)**

combine factors that create a favorable environment for the active formation of mudflows. Here there is a steep mountain relief in the upper reaches, sedimentary and metamorphic rocks that are unstable to landslides, intense atmospheric influence, a dense hydrographic network, and specific features of the soil and vegetation cover. To conduct the study, 5 statistical series of characteristics of mudflows were formed - areas of mudflow basins, elevations of their highest points, lengths and average slopes of mudflow channels, elevations of their closing sections. The total number of members of the above-mentioned series according to each of the characteristics of mudflows is 143 (125 in the Prut river basin, 18 in the Siret river basin). The source data bank was created based on many years of data from expeditionary work of the Ukrainian Hydro meteorological Institute and the hydrographic party of the Borys Sreznevsky Central Geophysical Observatory, information on the consequences of the passage of mudflows collected in road and forestry organizations. The main methods used are methods of mathematical statistics, namely, histograms of the distribution of characteristics of mudflows and correlation-regression analysis of the relationships between them were used. The constructed histograms of relative frequencies in the form of partial intervals for all the studied characteristics demonstrated the peculiarities of their distribution, which made it possible to identify the most typical indicators of mudflows inherent in the studied territory. Correlation-regression analysis showed the interdependence and interrelationship between the studied characteristics of mudflows. The results obtained are of practical importance, as they characterize the main patterns and features of the formation of mudflows in the Prut and Siret river basins, which are dangerous hydrological phenomena in the mountainous and foothill parts of the studied territory.

Keywords: mudflows, Prut and Siret river basins within Ukraine, statistical analysis, mudflow characteristics.

Надійшла до редакції 06.04.2025

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2025.1.5>
UDK 556.5

Król Paweł, Szatten Dawid

Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Faculty of Geographical Sciences, Poland

HYDROGRAPHIC NETWORK TRANSFORMATIONS IN POSTGLACIAL AREAS – A CASE STUDY OF THE KRAJEŃSKI LANDSCAPE PARK

The article presents a study on the transformation of hydrographic networks within protected areas. The research is based on the analysis of cartographic materials using GIS software. The temporal scope of the study covers the 19th and 20th centuries — a period marked by the most significant alterations to hydrographic systems due to human activity. The research was conducted within the Krajeński Landscape Park, one of the largest protected areas in the North Polish Lowlands. The results indicate a decrease in the lake surface area and a slight increase in the length of rivers (artificial canals). The primary causes of these changes are attributed directly to human activity, particularly land drainage for agricultural purposes (drainage ditches), and indirectly to the increased eutrophication of waters. The study highlights the sensitivity of young glacial river–lake systems to anthropogenic pressures.

Protected areas represent an exceptionally unique part of the natural environment that requires sustainable management aimed at preserving their value for future generations. However, due to human activity and climate change, these areas are increasingly subject to various pressures, including transformations of the hydrographic network. The study aimed to assess the hydrographic network transformation using the example of the Krajeński Landscape Park (northern Poland).

Due to the lakeland character of the study area, it constitutes an environment highly sensitive to any changes in water management. The analyses conducted using GIS tools made it possible to identify the main directions of hydrographic network transformation over the past centuries, revealing a strong impact of human activity. A decrease in lake surface area was observed, accompanied by an increase in the length of rivers and drainage ditches. This trend reflects the intensive meliorations carried out in the area in the past, anthropogenic modifications of riverbeds, and the acceleration of eutrophication processes in lakes and wetlands resulting from changes in the entire hydrographic network.

The study highlights the need for sustainable management of the landscape park to protect habitats and water-related areas.

Keywords: hydrographic network, rivers, lakes, wetlands, GIS, protected areas, Krajeński Landscape Park.

INTRODUCTION

The hydrographic network transformations in postglacial areas refer to the alterations and dynamics of water systems that emerge in regions previously affected by glacial activity. These transformations are significant due to their profound implications for both ecological state and landscape management, particularly within landscape parks. Postglacial landscapes are characterized by features such as lakes, wetlands, and lower-order streams that reflect the complex interplay between sediment deposition, erosion, and hydrological processes resulting