

Ю. Г. Пісарєв

студент IV курсу ОР Бакалавр

спеціальність **Е4 «Науки про Землю»**

науковий керівник: **В. А. Овчарук**

д-р геогр. наук, професор, завідувачка кафедри гідрології суші

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЯДІВ РІЧНОГО СТОКУ РІЧОК ПРИЧОРНОМОР'Я

Актуальність дослідження: В умовах змін клімату, зростання екстремальних погодних явищ і посилення антропогенного впливу на водні ресурси, особливої актуальності набуває аналіз водного режиму річок Причорноморського регіону. Стійке водокористування та запобігання гідрометеорологічним катастрофам неможливі без точного уявлення про зміну стоку в часі й просторі. Вивчення довгострокових коливань, трендів та аномалій стоку дозволяє ефективніше прогнозувати гідрологічну обстановку, зменшувати ризики повеней і посух, оптимізувати управління водними об'єктами.

Мета роботи: Провести поглиблений статистичний аналіз річного стоку малих річок Причорномор'я за 1980–2020 рр. із використанням сучасних цифрових інструментів і методів статистики — методу моментів та методу найбільшої правдоподібності.

Результати досліджень та їх аналіз: Джерелом даних виступає онлайн-платформа “Land & Water”, що реалізує агро-гідрологічну модель SWAT. Було обрано дев'ять ділянок таких річок як Великий Куяльник, Когильник та Тилігул. Встановлено, що сток формується під впливом численних факторів — опадів, випаровування, снігового покриву, запасів ґрунтової вологи.

Інформаційне підґрунтя дослідження: У даному дослідженні аналізуються шари стоку та витрати води, вихідні дані для яких були отримані з онлайн-платформи “Land & Water” рис.1. Ця платформа надає доступ до гідрологічних та метеорологічних показників з 1980 року з можливістю експорту у форматі CSV. Дані можуть бути представлені з різною частотою спостережень — щоденною, щомісячною, щорічною або багаторічною щомісячною. Приклад використання інтерфейсу платформи з багаторічним графіком шару стоку та кнопкою експорту даних показано на рис.2.

Для глибшого аналізу структури водного балансу платформа дозволяє виводити окремі компоненти водного стоку — поверхневий, підземний і базовий, як представлено на рис.3. Дані про витрати води подаються у вигляді часових рядів, які також можна завантажити у зручному форматі.

Платформа підтримує інтерактивну роботу з графіками, що дає змогу змінювати масштаб, обирати часові діапазони, а також вмикати або

вимикати окремі показники, що значно полегшує попередню обробку перед завантаженням. Уся подальша статистична обробка часових рядів шарів стоку та витрат води, була виконана з використанням даних, отриманих із онлайн-платформи “Land & Water”.

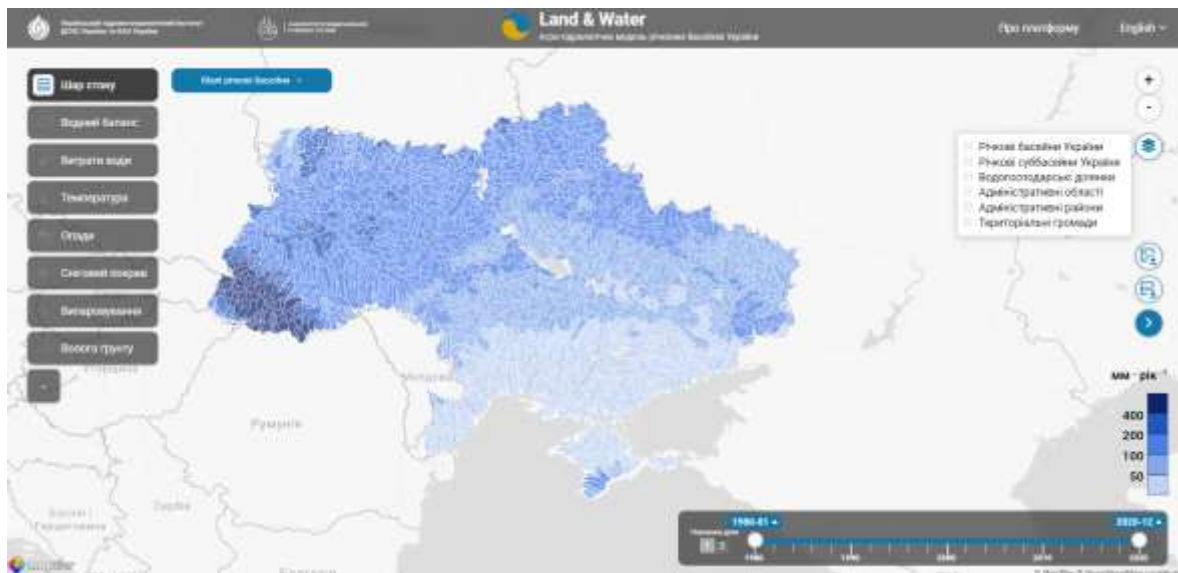


Рисунок 1 - Інтерфейс онлайн платформи "Land & Water",
<https://landwater.uhmi.org.ua/>

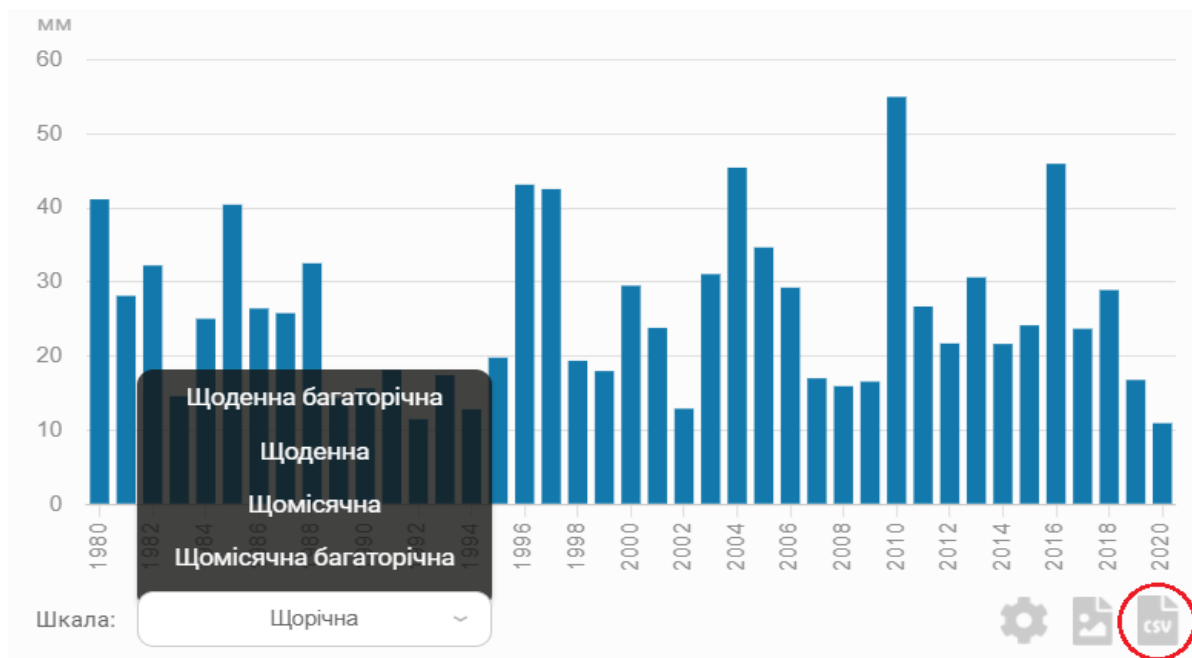


Рисунок 2 – Багаторічний графік шару стоку з платформи "Land & Water" <https://landwater.uhmi.org.ua/>.



Рисунок 3 – Стовпчиковий графік динаміки шару стоку з компонентами водного стоку з платформи "Land & Water", <https://landwater.uhmi.org.ua/>.

Статистична обробка включала: Експортування даних з онлайн-платформи “Land & Water” по досліджуваним річкам таких даних як шари стоку Розрахунок середнього значення, дисперсії, C_v , C_s за методом моментів; апроксимацію рядів розподілом Пірсона III та три параметричним гама-розподілом; побудову емпіричних кривих забезпеченості.

Метод моментів продемонстрував простоту реалізації, але вразливість до викидів. Метод найбільшої правдоподібності, реалізований через програму STOKSTAT, виявився точнішим, особливо за умов асиметричних розподілів. Обидва методи дали близькі результати для середніх значень і C_v , але значні розбіжності для C_s . Похибка C_v не перевищувала 10%, C_s — близько 75%, що є допустимим у гідрологічних розрахунках.

Аналіз таблиць 1 та 2 свідчить про те, що середні значення за всіма розглянутими методами практично збігаються, що свідчить про їх високу узгодженість. Подібна ситуація спостерігається і для коефіцієнта варіації C_v , значення якого демонструють стабільність незалежно від обраного підходу. Середньоквадратичні похибки для шарів стоку та витрат води не перевищують 10 %, що вказує на достатню точність розрахунків. Зокрема, за методом максимальної правдоподібності, похибка C_v знаходяться в межах 8,0 %, що є прийнятним рівнем для даних досліджень. Водночас, аналіз показує, що похибка σ_{C_s} не залежить від методу розрахунку параметра C_s і залишається сталою на рівні 75,5 % для шару стоку та 76,9 для витрат води.

Таблиця 1 - Розрахунок шарів стоку методом моментів та методом найбільшої правдоподібності в проміжок із 1980 по 2020 рр.

Суббасейн	Річка	$Y, \text{мм}$	п, ро ків	$Y_{\text{ср}}, \text{мм}$	Метод моментів		Метод найб.правдоп.		$\sigma_{\bar{Y}}$	σ_{C_v}	σ_{C_s}
					Cv	Cs	Cv	Cs/Cv			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2881	р. Великий Куяльник, фрагмент 5	19,00	41	18,8	0,60	0,82	0,60	1,50	9,37	7,46	74,7
2877	русло не визначено	26,00	41	25,9	0,41	0,81	0,41	2,10	6,47	4,87	56,4
2924	р. Когильник, фрагмент 2	24,00	41	24,4	0,53	0,63	0,53	1,30	8,25	6,42	66,9
2923	р. Когильник, фрагмент 3	24,00	41	24,0	0,52	0,71	0,52	1,50	8,15	6,33	66,3
3776	русло не визначено	6,00	41	6,3	0,72	0,89	0,72	1,30	11,29	9,37	89,7
2365	р. Тилігул, фрагмент 4	37,00	41	37,3	0,61	0,59	0,61	1,00	9,50	7,58	75,6
2872	р. Тилігул, фрагмент 5	31,00	41	30,7	0,64	0,72	0,65	1,20	10,09	8,16	80,0
2871	р. Тилігул, фрагмент 6	27,00	41	26,9	0,70	1,01	0,70	1,60	10,96	9,04	87,0
2869	р. Тилігул, фрагмент 7	21,00	41	21,2	0,67	0,89	0,67	1,40	10,49	8,56	83,2
Середнє значення									1,43	9,40	75,54

Таблиця 2 - Розрахунок витрат води методом моментів та методом найбільшої правдоподібності в проміжок із 1980 по 2020 рр.

Суббасейн	Річка	$F, \text{км}^2$	п, ро ків	$Q_{\text{ср}}, \text{м}^3/\text{с}$	Метод моментів		Метод найб.правдоп.		$\sigma_{\bar{Q}}$	σ_{C_v}	σ_{C_s}
					Cv	Cs	Cv	Cs/Cv			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2881	р. Великий Куяльник, фрагмент 5	2007,00	41	2,0	0,67	0,78	0,68	1,20	10,56	8,63	83,7
2877	русло не визначено	2243,00	41	2,2	0,65	0,75	0,66	1,20	10,29	8,36	81,6
2924	р. Когильник, фрагмент 2	3253,00	41	4,3	0,61	1,61	0,61	3,20	9,53	7,61	75,8
2923	р. Когильник, фрагмент 3	3716,00	41	4,5	0,61	1,49	0,61	2,90	9,56	7,64	76,0
3776	русло не визначено	5341,00	41	5,7	0,61	1,32	0,62	2,50	9,62	7,70	76,5
2365	р. Тилігул, фрагмент 4	2390,00	41	3,5	0,58	0,94	0,58	1,80	9,06	7,17	72,4
2872	р. Тилігул, фрагмент 5	2730,00	41	3,8	0,59	0,88	0,59	1,60	9,26	7,36	73,9
2871	р. Тилігул, фрагмент 6	3026,00	41	4,0	0,60	0,85	0,60	1,50	9,37	7,46	74,7
2869	р. Тилігул, фрагмент 7	3598,00	41	4,3	0,62	0,83	0,63	1,40	9,79	7,87	77,8
Середнє значення									1,92	9,67	76,92

Висновки: Онлайн-платформа “Land & Water” довела свою ефективність як інструмент просторово-часового аналізу водного режиму, що особливо важливо для регіонів із нестабільною гідрологічною ситуацією. Застосування статистичних методів дозволяє отримати достовірні оцінки гідрологічних показників навіть за обмеженої кількості даних спостережень. Отримані результати можуть слугувати науковою основою для розробки адаптаційних заходів до змін клімату та прогнозування потенційних гідрологічних загроз у регіоні Причорномор’я.