

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-36-01>

УДК (UDC) 556.166

А. О. ДОКУС¹, канд. геогр. наук,

старший викладач кафедри гідрології суші

e-mail: angel.dokus@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0912-6411>

Ж. Р. ШАКІРЗАНОВА¹, д-р географ. наук, проф.

завідувачка кафедри гідрології суші

e-mail: jannettodessa@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0600-5657>

¹Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016, Україна

РАЙОНУВАННЯ БАСЕЙНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ ЗА УМОВАМИ ФОРМУВАННЯ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІЧОК

Басейн р. Південний Буг розташований в трьох природних зонах України та є неоднорідним за фізико-географічними умовами формування стоку річок.

Мета. Здійснити гідрологічне районування басейну р. Південний Буг з виділенням районів з однотипними умовами формування весняних водопіль за комплексом морфометричних характеристик річок і їх басейнів та гідрометеорологічних і агрометеорологічних чинників.

Методи. На основі застосування статистичної моделі факторного аналізу (*R*-модифікації) виявлені найбільш значущі чинники із сукупності всіх ознак. Виділено два фактори – перший описує 38 % сумарної дисперсії всіх факторів (географічна широта центрів водозборів, середня висота водозборів, заболоченість, величини запасів води в сніговому покриві, опади періоду танення снігу та максимальні глибини промерзання ґрунтів), а другий – 21 % (довжина річки, площа водозборів та кількість опадів, що випали після сніготанення). Факторні навантаження використані для подальшого угруповання басейнів із застосуванням методу кластерного аналізу.

Результати. В результаті районування території було виділено два гідрологічних райони з підрайонами (район I та район II з підрайонами Па, Пб, Пв). Район I охоплює територію від витoku до створу на р. Південний Буг – с. Тростяничик. Нижче за течією і до гирла річки територія охоплює район II, який поділився на три підрайони (підрайон Па, Пб, Пв). До гідрографічної мережі залучені дані малих річок між Дністром і Південним Бугом. Межі гідрологічних районів в басейні р. Південний Буг проведено по вододілах річок, враховуючи фізико-географічне районування території та із залученням до аналізу карт ґрунтового покриву і рослинності на басейні. Здійснене гідрологічне районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок добре узгоджується з районуванням рівнинної території України, що виконане різними авторами протягом часу.

Висновки. Застосування у роботі статистичних методів дозволило уточнити межі наявних районів та виділити нові підрайони в басейні р. Південний Буг. Проаналізовані природні умови показали, що в межах гідрологічного районування вони мають певні особливості формування весняних водопіль. Такі особливості буде використано при обґрунтуванні регіональної методики довгострокового прогнозування характеристик весняного водопілля річок в басейні р. Південний Буг.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: гідрологічне районування, весняне водопілля, Південний Буг

Як цитувати: Докус А. О., Шакірзанова Ж. Р. Районування басейну річки Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2021. Вип. 36. С. 8-21. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-36-01>

In cites: Dokus, A. O. & Shakirzanova, Zh. R. (2021). Zoning of the Pivdenny Buh river basin under the conditions of spring flood formation. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (36), 8-21. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-36-01>

© Докус А. О., Шакірзанова Ж. Р., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Вступ

Однією з головних задач гідрології є дослідження річкового стоку та його просторовий розподіл по території, що має теоретичне та практичне значення при математичному моделюванні процесів формування стоку річок [1, 2].

Дослідження річкового стоку відбувається на основі даних спостережень гідрологічної та метеорологічної мережі в різних точках водозбору [1]. Проте вся інша територія, окрім пунктів виміру, залишається без наявності даних про характеристики стоку та його гідрометеорологічні чинники, потребує застосування методів географічних і гідрологічних узагальнень річкового стоку по всій території басейну. Розв'язання такої задачі можливе при побудові карт ізоліній (ліній рівних величин значень річкового стоку) або виділенні гідрологічних районів зі сталими значеннями прогнозних або розрахункових схем.

Особливо актуальним таке питання стає при моніторингу та прогнозуванні максимального стоку весняного водопілля як найбільш багатоводної фази рівнинних річок України, яке часто супроводжується розливом річок та затопленням територій, які призводять до збитків господарству, населеним пунктам, об'єктам культурної спадщини. При цьому, максимальні підйоми рівнів води найбільш небезпечні саме на невеликих річках, на яких часто відсутні систематичні спостереження за річковим стоком.

Питанню районування території за ознаками однорідності умов формування стоку річок та встановлення меж таких районів присвячені роботи багатьох вітчизняних та закордонних авторів, огляд яких зроблено в [3].

Так, в 1988 році О.Г. Ободовським вперше було виконано районування території України за характером проходження руслоформуєчих витрат води на основі факторного та кластерного аналізів [4]. З тих часів в Україні більш активно почали застосовуватися методи багатовимірного статистичного аналізу для здійснення гідрологічного районування територій.

Сучасне гідрологічне районування територій знайшло широке застосування в роботах українських науковців при районуванні, як рівнинної території України [5]-[11], так і гірської [8], [10], [12], при застосуванні методів багатовимірного статистичного аналізу, основи яких викладено в [13]-[18]. З метою довгострокового гідрологічного прогнозу-

вання характеристик стоку весняного водопілля рівнинних річок районування території виконано у роботах авторів [19], [20].

Так, у роботі Н.С. Лободи [5] виконано районування території України за синхронністю коливань річного стоку річок із залученням методів багатовимірного статистичного аналізу, а саме Q -модифікації методу факторного аналізу, методу головних компонент та сумісного аналізу. Метод кластерного аналізу застосований Н.С. Лободою у співавторстві з С.В. Мельником в роботі [6] при районуванні басейну Верхнього Дністра за характером коливань річного стоку.

Авторами М.Г. Сербовим та С.Г. Кіряк [7] виконано гідрологічне районування рівнинної території України за ландшафтно-гідрологічними характеристиками при застосуванні методу факторного аналізу (R -модифікації) та кластерного аналізів. Подібний методичний підхід до гідрологічного районування території застосував В.В. Гребінь [8], але для всієї території України (рівнинної та гірської) при дещо іншому наборі факторів формування максимального стоку весняного водопілля.

Горбачовою Л.О. у 2015 р. [9] виконано гідрологічне районування території України за типами внутрішньорічного розподілу водного стоку та у співавторстві з Б.Ф. Христюком у 2016 р. [10] за умовами формування річного стоку води на основі типізації кривих Ендрюса.

Гідрологічне районування території рівнинної України за синхронністю коливань максимального стоку весняного водопілля опубліковано у роботі В.А. Овчарук [11]. Районування виконано при застосуванні сумісного послідовного гідролого-генетичного методу факторного аналізу (Q -модифікації) та кластерного аналізу.

З метою прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля авторами Є.Д. Гопченко та Ж.Р. Шакірзаною [19] здійснене районування території басейнів річок Верхнього Дніпра, Західної Двіни (Daugava) та Німану по ландшафтно-гідрологічних ознаках при застосуванні методів факторного (на основі R -модифікації) та кластерного (дистанційного) аналізів. У подальший період з метою обґрунтування методичної бази для територіального довгострокового прогнозування шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля рівнинних річок України Ж.Р. Шакірзаною [20] було виконане галузеве-прикладне райо-

нування за параметрами прогнозу методик (рівнянь дискримінантної функції та регіональних прогнозних залежностей).

Слід також зазначити, що в рамках імплементації Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу 2000/60/ЄС (ВРД ЄС) від 23 жовтня 2000 року [21] у всіх регіонах України важливим питанням є класифікація річок і гідрографічне районування території України за басейновим принципом, що має на меті покращення системи управління в галузі використання та охорони вод та відтворення водних ресурсів країни, у тому числі й малих річок.

Згідно з вимогами ВРД ЄС [21] за класифікацією річки поділяють на: малі річки з площею водозбору від 10 до 100 км², середні – від 100 км² до 1000 км², великі – від 1000 км² до 10000 км² та дуже великі – понад 10000 км². Згідно з цією класифікацією р. Південний Буг (з довжиною 806 км і площею водозбору 63700 км²) є дуже великою річкою.

З метою гідрографічного районування території авторами [22] розроблено методику гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу. В межах гідрографічного районування [22], яке ґрунтується на гідрографо-географічному підході з межами, що проходять по вододілах річкових басейнів, район річкового басейну Південного Бугу відноситься до IV району, є цілісним і включає басейн річки та перехідні води (за визначенням [21]). В межах водогосподарського районування [22], що базується на гідрографо-географічному та економіко-географічному підходах до районування територій, в районі річкового басейну Південного Бугу визначено 11 водогосподарських ділянок, що дозволяє найбільш раціонально використовувати водні ресурси річки (розробляти водогосподарські баланси, встановлювати ліміти забору водних ресурсів та інші параметри водокористування).

В межах різних фізико-географічних районів та розмірів річок в закордонній практиці ВМО [1], [2] розроблені та використовуються математичні моделі формування та прогнозування гідрологічного стоку річок з різною деталізацією процесів стокоутворення.

Так, для малих та середніх водозборів розроблені і розроблені математичні моделі формування стоку, такі як Стенфордська модель формування дощового стоку (автори

Н.Г. Крауфорд і Р.К. Лінслей) (1966 р.), модель Д. Доуді і О'Доннела (1965 р.) з детальним описом елементарних процесів стокоутворення на водозборі. Для визначення дощового стоку на малих водозборах може бути використана математична модель Лічі, Доуді й Бергмана, модель авторів Д.Є. Неша, Д.В. Саткліфа, П.Є. О'Коннела, Д.П. Феррера та ін. (1970-ті роки).

В умовах вологого і сухого клімату для прогнозу формування дощового стоку пропонується застосовувати математичну модель Шеньсі (Китай) [23]. Параметри моделі характеризують кліматичні та фізико-географічні умови, які для великих регіонів приймаються постійними, для інших – підбираються за даними спостережень за опадами, випаровуванням та стоком.

Еколого-гідрологічна модель SWIM (Soil and Water Integrated Model) [24] враховує параметри майбутнього клімату та здатна зображати показники висот, землекористування та ґрунтів у просторі при використанні інтерфейсу ГІС GRASS.

Найбільш відомими моделями, які складаються з ансамблю прогнозних моделей для річкових водозборів різних географічних зон є Європейська гідрологічна система (SHE) [25], модель «Майк-11» Датського гідравлічного інституту [26], HydroProg, розроблена у Вроцлавському університеті (Польща) [27].

У Європейському союзі функціонує система прогнозування повеней European Flood Alert System (EFAS), Італія [28], [29]. Технологія підготовки та випуску прогнозів заснована на басейновому принципі та повністю автоматизована. Імітаційна модель затоплення території вимагає наявності детальних даних про рельєф та інші характеристики підстильної поверхні в межах районів басейну.

Система для прогнозування FFG (Керівництво по швидко виникаючим паводкам), яка використовується у США, призначена для виявлення в оперативному режимі районів, де очікується формування швидких паводків, в тому числі на малих річкових басейнах, які не забезпечені гідрологічними спостереженнями [30]. Крім США, дана технологія використовується у Мексиці, Коста-Риці, Панамі, Румунії, Болгарії, Туреччині та інших країнах [30].

Модель показника водної безпеки (The ISciences Water Security Indicator Model, WSIM) (США) [31] дає оцінку впливу водних аномалій на стан людей, сільське господарство та виробництво електроенергії. Комбіно-

ваний показник водної аномалії базується на оцінках WSIM щодо вологості ґрунту, дефіциту випаровування, стоку, що розрізняється для різних зон та районів.

Метою дослідження є гідрологічне районування басейну р. Південний Буг з використанням методів факторного (*R*-модифікації) та кластерного аналізу, подібно роботам [7], [8], [19], з виділенням районів з одно-

Об'єкт та методи дослідження

Об'єкт дослідження. Басейн р. Південний Буг розташований в трьох природних зонах України – лісової (широколистяних лісів), лісостепової, степової та є неоднорідним за фізико-географічними умовами формування стоку річок.

Для гідрологічного районування басейну р. Південний Буг з виділенням районів з однотипними умовами формування весняних водопіль використані опубліковані дані по 24 діючих та 15 закритих гідрологічних постах басейну р. Південний Буг та малих річок між Дністром і Південним Бугом (рр. Великий Куяльник та Тилігул). Пости мають великий розкид площ від 46200 км² (р. Південний Буг – смт Олександрівка) до 36,5 км² (Південний Буг – с. Чорнява).

При проведенні факторного аналізу для вибору найбільш значущих гідрометеорологічних чинників формування весняного водопілля в басейні р. Південний Буг авторами використані басейнові характеристики та багаторічні гідрологічні та агрометеорологічні характеристики максимального стоку весняного водопілля по 39 гідрологічних постах басейну, які можна віднести до двох груп:

– *перша група* – постійні чинники: географічне положення басейнів (географічна довгота, λ , в долях град сх. д., географічна широта, φ^O , в долях град п.ш.) та морфометричні та гідрографічні характеристики річок та їх водозборів (довжина річки, L , км; похил річки, I , ‰; площа водозборів, F , км²; середня висота водозбору, $H_{сер}$, м; озерність (озера, водосховища, ставки), f_o , ‰; заболоченість водозборів, f_{σ} , ‰; залісеність водозборів, $f_{л}$, ‰);

– *друга група* – змінні гідрологічні та агрометеорологічні характеристики максимального стоку весняного водопілля, осереднені в межах річкових водозборів (у вигляді їх середньобагаторічних величин): шари стоку періоду весняного водопілля, Y_0 , мм; величини запасів води в сніговому покриві, S_m ,

типними умовами формування весняних водопіль за комплексом морфометричних характеристик річок та їх басейнів та гідрометеорологічних та агрометеорологічних чинників. Таке районування може бути основою при обґрунтуванні територіального прогностичного методу характеристик весняного стоку річок території.

мм; опади періоду танення снігу, X_1 (опади від дати настання максимальних запасів води в сніговому покриві S_m до дати завершення сніготанення, що може бути встановлена по даті проходження максимальних витрат води весняного водопілля Q_m), мм; опади, що випали після сніготанення, X_2 (опади від дати проходження максимальних витрат води весняного водопілля Q_m до дати закінчення весняного водопілля), мм; максимальні глибини промерзання ґрунтів, L_m , см; запаси вологи в шарі ґрунту 0-100 см під озимими культурами, що виміряні наприкінці зими, W_{0-100} , см.

Визначення перелічених характеристик здійснено за даними багаторічних спостережень Державної гідрометеорологічної мережі.

Методи дослідження. При районуванні басейну р. Південний Буг застосовані сучасні методи статистичного аналізу – факторний (*R*-модифікації) та кластерний [13]-[18].

Модель факторного аналізу будується з припущення про те, що процеси і явища характеризуються множинністю змінних (факторів), що їх визначають та мають різну фізичну природу і просторово-часовий розподіл, з яких повинні бути обрані основні або значущі факторні навантаження.

Факторний аналіз заздалегідь пояснює матрицю коваріацій наявністю мінімальної кількості гіпотетичних змінних (факторів), причому по кожній вихідній змінній визначається її вага у факторі.

У гідрологічних дослідженнях метод факторного аналізу може бути використаний як для опису різноманіття кореляційних зв'язків між вихідними змінними, так і в цілях угруповання і класифікації об'єктів [17].

Метод факторного аналізу дозволяє скоротити (стиснути) вихідну інформацію і використовувати факторні навантаження для вибору найбільш значущих на основі *R* або *Q*-модифікацій статистичної моделі факторного аналізу [13]-[18]. У даній роботі виділення районів з подібними умовами форму-

вання весняного водопілля виконувалося на основі R -модифікації статистичної моделі факторного аналізу, що дозволяє виявити найбільш значущі фактори із сукупності ознак і використовувати факторні навантаження для подальшого угруповання басейнів із застосуванням кластерного аналізу.

В загальному вигляді базова модель лінійного факторного аналізу виглядає як звичайне регресійне рівняння [13]-[18]

$$z_j = \sum_{l=1}^p a_{jl} f_{li} + v_j, \quad (1)$$

де z_{ij} – нормована величина j -ї змінної в i -го об'єкта; a_{jl} – факторне навантаження j -ї змінної на l -ий узагальнений фактор; f_{li} – значення l -го узагальненого фактора в i -го об'єкта; v_j – залишок змінної, пов'язаний з помилками вимірювань та специфікою даної змінної; p – число факторів.

Останнім етапом при проведенні факторного аналізу є оцінка значень отриманих факторів. Це досягається за допомогою множинного регресійного аналізу [14]. Але, слід звернути увагу, що кількість факторів, які будуть обрані для подальших розрахунків дослідник задає сам (крім методу головних компонент, який використовує всі фактори). Передбачається, що дослідник до застосування факторного аналізу може теоретично передбачити число факторів, від яких залежить досліджувана величина, виходячи з попереднього аналізу та міркувань.

Для подальшого групування об'єктів у дослідженні застосовано метод кластерного аналізу [15], [18], який дозволив об'єднати в одну групу декілька об'єктів, близьких один до одного за комплексними характеристиками.

Під терміном «кластер-аналіз» розуміють набір методів, що дозволяють виділяти з початкових багатовимірних даних такі однорідні підмножини, щоб об'єкти всередині груп були схожі один на одного, а об'єкти з різних груп – не схожі. Під «схожістю» розуміється близькість об'єктів в багатовимірному просторі ознак. Тоді задача зводиться до виділення в цьому просторі природних скупчень об'єктів, які й вважаються однорідними групами та зазвичай називаються кластерами.

Результати дослідження

Виявлення основних факторів формування максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Південний Буг при використанні факторного аналізу. На першому

Загалом кластер характеризує групу елементів за будь-якими загальними властивостями. Результати кластерного аналізу зображуються у вигляді деревоподібної структури, тобто дендрограми – дерева об'єднання кластерів. Якщо дані мають чітку структуру, то в ієрархічному дереві будуть чітко виділені окремі гілки (кластери), які надалі можна інтерпретувати.

Показником міри схожості об'єктів служить – коефіцієнт близькості d_{ij} , який являє собою відстань між двома точками (об'єктами) в m -вимірному просторі. Найбільш загальний тип відстані – Евклідова відстань. Даний тип відстані є геометричною відстанню в багатовимірному просторі, яка обчислюється наступним чином [15], [18]

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{q=1}^m (x_{iq} - x_{jq})^2}, \quad (2)$$

де x_{ijq} – матриця ознак об'єкта; i, j – номери n об'єктів (водозборів); q – номер m ознаки.

У якості ознак об'єктів приймається добуток узагальнених чинників на відповідні їм факторні навантаження x_{ijq} .

Угруповання об'єктів, у нашому випадку водозборів, виконується шляхом послідовного об'єднання басейнів по метриці d_{\min} за методом найближчого сусіда (методом одиночного зв'язку). У цьому методі відстань між двома кластерами визначається відстанню між двома найближчими об'єктами (найближчими сусідами) в різних кластерах. Звідси й назва методу одиночного зв'язку, оскільки для об'єднання необхідний лише один зв'язок.

Процедура виділення основних факторів формування максимального стоку весняного водопілля річок басейну Південного Бугу та угруповання схожих за умовами формування весняного стоку водозборів проводиться за допомогою автоматизованої системи «Statistica» [32], яка містить модульні блоки «Factor Analysis» та «Cluster Analysis» та дозволяє автоматично виконати необхідні нам розрахунки.

етапі розрахунків визначено величини дисперсії факторів та виконано процедуру їх обернення при використанні модульного блоку «Factor Analysis» автоматизованої системи

«Statistica» [32]. Факторний аналіз дозволив стиснути вхідну інформацію до двох узагальнених факторів представлених в табл. 1. Встановлені фактори описують 59 % сумарної дисперсії кореляційної матриці.

Аналізуючи результати, представлені у табл. 1 можна зробити висновки:

– *перший фактор* показує, що середньобагаторічні шари стоку періоду весняного водопілля залежать головним чином від таких гідрометеорологічних чинників, як географічна широта центрів водозборів, середня висота водозборів, заболоченість, величини запасів води в сніговому покриві, опади періоду танення снігу та максимальні глибини промерзання ґрунтів. На перший

фактор припадає 38% сумарної дисперсії всіх факторів;

– *другий фактор* показує тісний зв'язок між такими чинниками, як довжина річки, площа водозборів та кількість опадів, що випали після сніготанення. На другий фактор припадає 21% сумарної дисперсії усіх факторів.

При цьому, було виконано процедуру обертання факторів, при обраному Varimax-критерію – Varimax normalized. Оскільки, перший та другий фактори описують понад 50 % загальної дисперсії предикторів, було побудовано графік, вісі якого представляють ці два фактори (рис. 1).

Таблиця 1

Основні фактори формування максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Південний Буг та їх факторні навантаження

Table 1

The main formation factors of the maximum runoff of spring flood in the Southern Buh river basin

№ з/п	Чинники	Фактор I	Фактор II
1.	Довгота λ в долях град сх.д.	-0,79	0,07
2.	Широта φ^0 в долях град п.ш.	0,94	0,16
3.	Довжина річки L , в км	0,10	0,86
4.	Похил річки, I , в ‰	-0,13	-0,77
5.	Площа водозборів, F , км ²	0,14	0,86
6.	Середня висота водозбору, $H_{сер}$, в м БС	0,95	-0,02
7.	Озерність (озера, водосховища, пруди), $f_{оз}$, %	0,38	-0,20
8.	Заболоченість водозборів, $f_б$, %	0,70	0,10
9.	Залісеність водозборів, $f_л$, %	0,36	-0,15
10.	Величини запасів води в сніговому покриві, S_m , мм	0,90	0,24
11.	Опади періоду танення снігу, X_1 , мм	0,94	0,16
12.	Опади, що випали після сніготанення, X_2 , мм	-0,11	0,94
13.	Максимальні глибини промерзання ґрунтів, L_m , см	0,70	0,23
14.	Запаси вологи в шарі ґрунту 0-100 см під озимими культурами, що виміряні наприкінці зими, W_{0-100} , см	0,14	-0,13
15.	Середньобагаторічний шар стоку весняного водопілля річок, Y_0 , мм	0,70	0,08
Частка у загальній дисперсії:		0,38	0,21

При роботі з сильно корельованою сукупністю чинників етап побудови факторної моделі (рис. 1) є досить корисним, оскільки полегшує інтерпретацію результатів. В ідеалі при обертанні факторів бажано отримати такий їх вид, щоб точки (чинники) розташовувалися на кінцях факторних осей з невеликою кількістю точок близько нуля.

Виходячи з результатів факторних навантажень (табл. 1) та виконаної процедури обертання факторів (рис. 1), *головними чинниками формування весняного водопілля річок*

басейну Південного Бугу та малих річок між Дністром і Південним Бугом обрано: географічну широту центрів тяжіння водозборів, φ^0 ; середню висоту водозборів, $H_{сер}$; заболоченість, $f_б$; величини запасів води в сніговому покриві S_m ; опади періоду танення снігу, X_1 , та максимальні глибини промерзання ґрунтів L_m .

Гідрологічне районування басейну р. Південний Буг за умовами формування

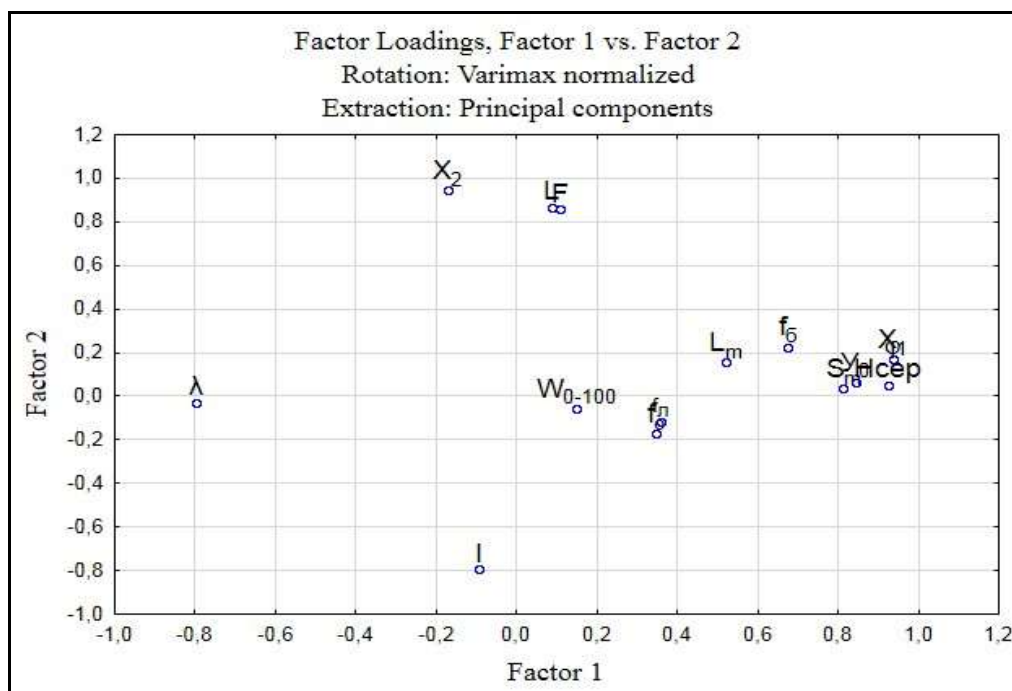


Рис. 1 – Графічна схема кореляційної структури факторів формування весняного водопілля в басейні р. Південний Буг

Fig. 1 – Graphical scheme of the correlation structure of the spring flood formation factors in the Southern Buh river basin

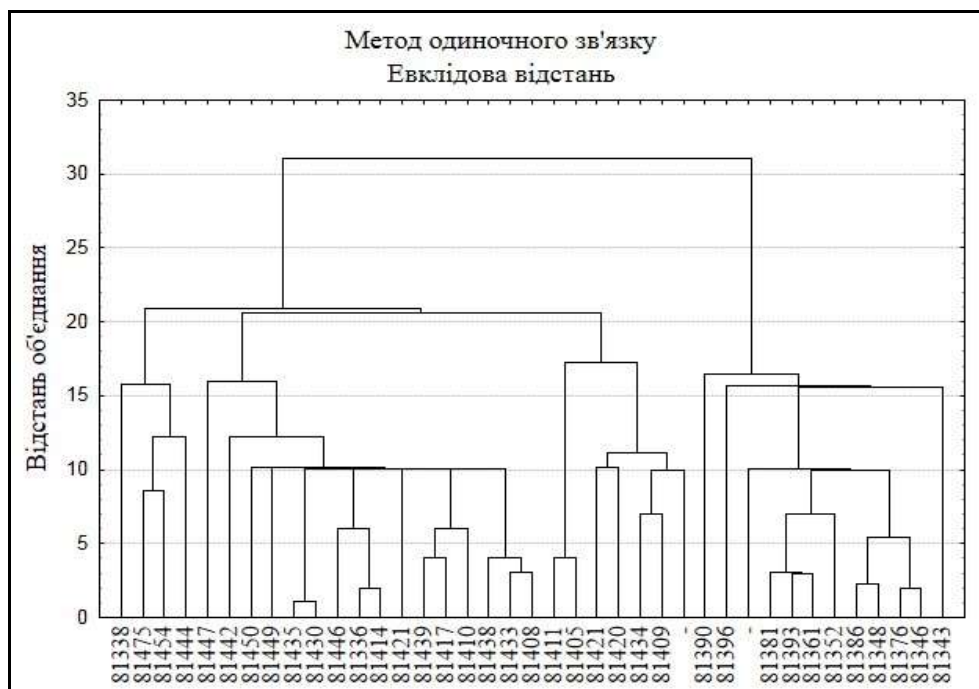


Рис. 2 – Дендрограма ієрархічної структури групування гідрологічних постів в басейні р. Південний Буг (по осі абсцис розташовано індекс поста)

Fig. 2 – Dendrogram of the hierarchy grouping structure of hydrological posts in the basin of the Southern Buh river basin (the index of the post is located on the abscissa axis)

весняного водопілля річок при використанні кластерного аналізу. Наступним етапом дослідження було отримання угруповань басейнів р. Південний Буг та малих річок між Дністром і Південним Бугом у вигляді деревоподібної структури для виділення окремих гідрологічних районів та підрайонів на основі встановлених головних факторів формування стоку. Угрупування проведено за допомогою автоматизованої системи «Statistica» [32], модульного блоку «Cluster Analysis».

За головними чинниками (факторами) формування весняного стоку, що фіксуються на гідрологічних постах, було здійснено їх об'єднання за допомогою алгоритму деревоподібної кластеризації у вигляді транспонованої матриці – дендрограми ієрархічної структури групування гідрологічних постів (рис. 2).

Дендрограма кластерного аналізу (рис. 2) об'єднала гідрологічні пости річкових басейнів у вигляді ієрархічної структури групування, які формують окремі гідрологічні райони та підрайони.

Групування гідрологічних постів по приналежності до гідрологічного району за умовами формування весняного водопілля річок представлено в (табл. 2). В результаті районування території було виділено два гідрологічних райони з підрайонами. Район I охоплює територію від витоків до створу на р. Південний Буг – с. Тростянич. Нижче по течії та до гирла річки територія охоплює район II, який поділився на три підрайони (IIa, IIб, IIв) (рис. 3) [33].

Відповідно [34]-[36] жоден з методів районування території не дозволяє з достатнім ступенем точності провести межі виділених районів.

Межі гідрологічних районів в басейні р. Південний Буг та малих річок між Дністром і Південним Бугом проведено по вододілах річок з залученням до аналізу карт ґрунтового покриву, рослинності території [37], [38] та враховуючи фізико-географічне районування території [39].

Здійснене у дослідженні гідрологічне районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля

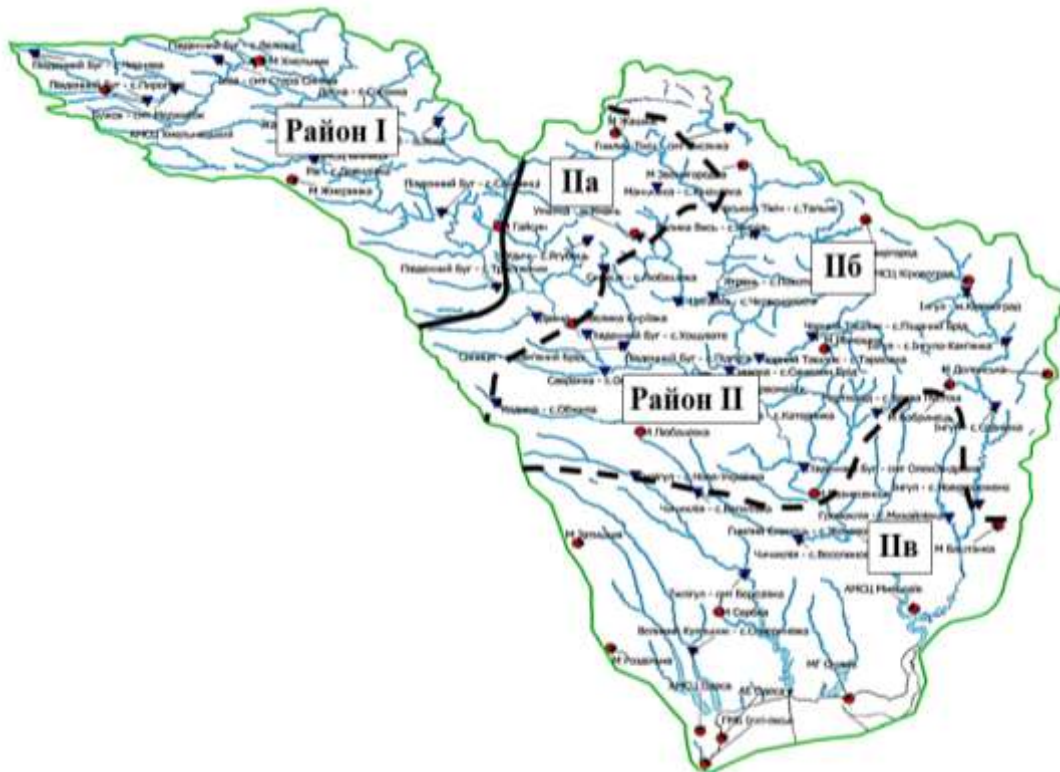


Рис. 3 – Картосхема гідрологічного районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок

Fig. 3 – Map-scheme of hydrological zoning of the Southern Buh river basin under the conditions of spring flood formation

Таблиця 2

Групування гідрологічних постів районів по приналежності до гідрологічного району за умовами формування весняного водопілля річок

Table 2

Grouping of hydrological posts of districts by belonging to the hydrological district under the conditions of spring flood formation

Номер району	Індекс поста	Річка-пункт
Район I	81343	Південний Буг – с. Чорнява
	81346	Південний Буг – с. Пирогівці
	81348	Південний Буг – с. Лелітка
	81352	Південний Буг – с. Сабарів
	81- 01	Південний Буг – с. Самчинці
	81361	Південний Буг – с. Тростянчик
	81376	Бужок – смт Меджибож
	81381	Іква – смт Стара Синява
	81386	Згар – смт Літин
	81390	Десна – с. Сосонка
	81393	Рів – с. Демидівка
81396	Соб – с. Зозів	
Район II (підрайон IIa)	81- 02	Удич – с. Ягубець
	81405	Дохна – с. Велика Кириївка
	81409	Синиця – смт Любашівка
	81411	Кодима – с. Обжила
	81420	Гірський Тікіч – с. Тальне
	81421	Маньківка – с. Кінашівка
81434	Уманка – м. Умань	
Район II (підрайон IIб)	81410	Синиця – с. Каменний Брід
	81408	Савранка – с. Осички
	81414	Кодима – с. Катеринка
	81417	Синноха – с. Синнохін Брід
Район II (підрайон IIб)	81421	Гнилий Тікіч – смт Лисянка
	81430	Велика Вись – с. Ямпіль
	81433	Ятрань – с. Покотилово
	81435	Циганка – с. Краснопілля
	81438	Чорний Ташлик – с. Тарасівка
	81439	Мертвовід – с. Крива Пустош
	81442	Чичиклія – с. Василівка
	81446	Інгул – м Кропивницький
	81447	Інгул – с. Інгуло-Кам'янка
	81449	Інгул – с. Седнівка
	81450	Інгул – с. Новогорожене
81336	Тилігул – с. Новоукраїнка	
Район II (підрайон IIв)	81444	Гнилий Єланець – с. Женево-Криворіжжя
	81454	Громоклія – с. Михайлівка
	81475	Великий Куяльник – с. Северинівка
	81338	Тилігул – с. Березівка

річок (рис. 3) добре узгоджується з районуванням рівнинної території України [7], ландшафтно-гідрологічним районуванням України [8] та районуванням території рівнинної Укра-

їни за синхронністю коливань максимального стоку весняного водопілля [11].

Виконане гідрологічне районування басейну р. Південний Буг відрізняється від

гідрографічного районування Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу 2000/60/ЄС (ВРД ЄС), згідно з яким басейн є цілісним [21].

Слід зазначити, що виконане у даній роботі районування дещо відрізняється від попереднього галузевого-прикладного районування рівнинної території України при довгостроковому прогнозуванні характеристик весняного водопілля рівнинних річок України, виконаного за даними по 2000 рік [20]. Застосування у роботі статистичних методів

дозволило уточнити межі існуючих районів [7], [8], [11], [20] та виділити нові підрайони в басейні р. Південний Буг.

Дане гідрологічне районування покладено в основу узагальнення параметрів методики довгострокового прогнозування характеристик весняного водопілля в басейні р. Південний Буг із визначенням основних гідрометеорологічних чинників, що беруть участь у формуванні стоку річок та побудові регіональних прогностичних залежностей [40].

Висновки

Виконано гідрологічне районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок при застосуванні методів факторного та кластерного аналізів.

При використанні *R*-модифікації статистичної моделі методу факторного аналізу було виділено два фактори – перший описує 38 % (географічна широта центрів водозборів, середня висота водозборів, заболоченість, величини запасів води в сніговому покриві, опади періоду танення снігу та максимальні глибини промерзання ґрунтів) сумарної дисперсії всіх факторів, а другий – 21 % (довжина річки, площа водозборів та кількість опадів, що випали після сніготанення). При використанні методу кластерного аналізу виділено два гідрологічні райони з підрайонами (район I – до гідрологічного поста р. Південний Буг – с. Тростянчик та район II з підрайонами Па,

Пб, Пв – нижче за течією від с. Тростянчик) з однотипними умовами формування весняних водопілля.

Здійснене гідрологічне районування басейну р. Південний Буг за умовами формування весняного водопілля річок з одного боку, добре узгоджується з районуванням рівнинної території України, що виконане різними авторами протягом часу, а з іншого, дозволило уточнити межі існуючих районів та виділити нові підрайони в басейні р. Південний Буг. Проаналізовані природні умови показали, що в межах гідрологічного районування вони мають певні особливості формування весняних водопілля.

Перспективою подальших досліджень є обґрунтування територіальної методики довгострокового прогнозування характеристик весняного водопілля річок в межах гідрологічного районування басейну р. Південний Буг.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Список використаної літератури

1. Guide to hydrological practices. Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications. World meteorological organization (WMO). No. 168. Fifth edition, 1994. 770 p. <http://www.innovativehydrology.com/WMO-No.168-1994.pdf>
2. Guide to Hydrological Practices, Volume II: Management of Water Resources and Applications of Hydrological Practices. WMO. No. 168. 2009. 302 p. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=222
3. Докус А.О. Сучасний стан гідрологічного районування за умовами формування річкового стоку. Матеріали II-го Всеукраїнського Пленеру з питань природничих наук. Одеса, 26-28 липня 2018. С. 63-64.
4. Ободовский А.Г. Руслотформирующие расходы воды рек равнинной части Украины: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук: 11.00.07. МГУ им. М.В. Ломоносова. Геогр. фак. Киев, 1987. 195 с.
5. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. Одесса: Издательство «Астропринт», 2005. 208 с.

6. Мельник С.В., Лобода Н.С. Районирование бассейна Верхнего Днестра по характеру колебаний годового стока на основе кластерного анализа. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2010. № 6. С. 180-189. URL: <http://uhmj.org.ua/index.php/journal/issue/view/5/6-2010-pdf>
7. Сербов Н.Г., Кириак С.Г. Застосування методів багатовимірної статистичного аналізу до гідрологічного районування (на прикладі річок рівнинної території України). *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2010. № 9. С. 152-158.
8. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.
9. Горбачова Л.О. Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України. *Український географічний журнал*. 2015. № 3. С. 16-23. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2015.03.016>
10. Горбачова Л.О., Христюк Б.Ф. Гідрологічне районування території України за умовами формування річного стоку води на основі кривих Ендрюса. *Український географічний журнал*. 2016. № 3. С. 27-33. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2016.03.027>
11. Овчарук В.А. Максимальний стік весняного водопілля рівнинних річок України: Монографія. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2020. 300 с.
12. Чорноморець Ю.О. Районування території Українських Карпат за умовами формування стоку води. *Вісник КНУ ім. Т. Шевченка*. 2005. Вип. 51. С. 52-54. URL: http://www.library.univ.kiev.ua/ukr/host/10.23.10.100/db/ftp/visnyk/geograf_51_2005.pdf
13. Лоули Д., Масквелл А. Факторный анализ как статистический метод. Москва: Мир, 1967. 144 с.
14. Иберла К. Факторный анализ; пер. с англ. Москва: Статистика, 1980. 397 с.
15. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ; пер. с англ. / Дж.- О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др. Финансы и статистика, 1989. 215 с.
16. Школьный С.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник. Київ: Міносвіти України, 1999. 538 с.
17. Лобода Н.С. Методи статистичного аналізу у гідрологічних розрахунках і прогнозах: навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2010. 184 с.
18. Ромакін В.В. Комп'ютерний аналіз даних: навчальний посібник. Миколаїв: Видавництво МДГУ ім. Петра Могили, 2006. 144 с.
19. Гопченко Е.Д., Шакирзанова Ж.Р. Территориальное долгосрочное прогнозирование максимальных расходов воды весеннего половодья: учебное пособие. Киев: КНТ, 2005. 240 с.
20. Шакирзанова Ж.Р. Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України. Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2015. 252 с.
21. Водна Рамкова Директива Європейського Союзу 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 240 с.
22. Гребінь В.В., Мокін В.Б., Сташук В.А., Хільчевський В.К., Яцюк М.В., Чунар'ов О.В., Крижановський С.М., Бабчук В.С., Ярошевич О.Є. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2013. 55 с.
23. Zhao R. Watershed Hydrological Model-Xinanjia Model and Northern Shaanxi Model; Water Resources and Electric Power Press: Beijing, China. 1983.
24. Krysanova V., Hattermann F., Wechsung F. Development of the ecohydrological model SWIM for regional impact studies and vulnerability assessment. *Hydrology. Process.* 2005. 19, Pp. 763-783. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.5619>
25. An Introduction to the European Hydrological System – Systeme Hydrologique Europeen / Abbott M.B., Bathurst J.C., Cunge J.A. et al. "SHE," 2: Structure of a Physically-Based, Distributed Modelling System. *Journal of Hydrology*. 1986. No. 87. Pp. 61-77. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(86\)90115-0](https://doi.org/10.1016/0022-1694(86)90115-0)
26. MIKE11. A Modelling System for River and Channels. User guide. Vol. 2. DHI. 2012. 204 p. URL: https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Water_Resources/Mike_11_ref.pdf
27. HydroProg: a system for hydrologic forecasting in real time based on the multimodelling approach / Niedzielski T., Mizinski B., Kryza M. et al. *Meteorology Hydrology and Water Management*, 2014. Pp. 65-73. DOI: <https://doi.org/10.26491/mhwm/36619>
28. On the Operational Implementation of the European Flood Awareness System (EFAS) / Smith P.J., Pappenberger F., Wetterhall F. et al. Flood Forecasting: A Global Perspective. 2016. Pp. 313-348. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801884-2.00011-6>
29. Wetterhall F., Di Giuseppe F. The benefit of seamless forecasts for hydrological predictions over Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*. 22 (6). 2018. Pp. 3409-3420. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-22-3409-2018>
30. Ntelekos A.A., Georgakakos K.P. & Krajewski W.F. On the uncertainties of flash flood guidance: Toward probabilistic forecasting of flash floods. *Journal of Hydrometeorology*. 2006. Vol. 7(5). Pp. 896-915. DOI: <https://doi.org/10.1175/JHM529.1>
31. WSIM – Water Security Indicator Model. URL: <https://wsim.isciences.com/> (Accessed: 19 March 2020).

32. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. (+CD). Санкт-Петербург: Питер, 2003. 688 с.
33. Докус А.О. Районування басейну Південного Бугу за умовами формування весняного водопілля річок. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Рельєф, клімат та поверхневі води як об'єкти природничо-географічних досліджень (до 70-річчя кафедр землезнавства та геоморфології, метеорології та кліматології, гідрології та гідроекології)»*. 2-4 жовтня. Київ, 2019. С. 42-44.
34. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1960. 455 с.
35. Синайская Т.М., Швейкин Ю.В. Асинхронность стока и водные ресурсы основных рек районов орошения УССР. *Труды УкрНИГМИ*. 1971. Вып. 71. С. 124-136.
36. Христофоров А.В. Надежность расчетов речного стока. Москва: Издательство МГУ, 1993. 168 с.
37. Географічні карти України. URL: <http://geomap.land.kiev.ua> (дата звернення: 11.01.2018).
38. Атлас України. Інститут географії Національної академії наук України, 1999-2000. URL: <https://atlas.igu.org.ua> (дата звернення: 11.01.2018).
39. Атлас: географія України [CD-розробок]. Інститут передових технологій, 2004.
40. Докус А.О., Шакірманова Ж.Р. Особливості методики довгострокового прогнозування характеристик весняного водопілля рівнинних річок в різних фізико-географічних зонах. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Геологічне, гідрологічне та біологічне різноманіття Полісся»*. Рівне, 2020. С. 145-149.

Стаття надійшла до редакції 01.11.2021

Рекомендована до друку 20.12.2021

A. O. DOKUS¹, Ph.D. (Geography),
Senior Lecturer of the Department of Land Hydrology
e-mail: angel.dokus@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0912-6411>

ZH. R. SHAKIRZANOVA¹, DSc (Geography), Prof.,
Head of the Department of Land Hydrology
e-mail: jannetodessa@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0600-5657>

¹Odessa State Environmental University,
15 Lvivska St., Odessa, 65016, Ukraine

ZONING OF THE SOUTHERN BUH RIVER BASIN UNDER THE CONDITIONS OF SPRING FLOOD FORMATION

The Southern Buh river basin is located in three natural zones of Ukraine and is heterogeneous in terms of physical and geographical conditions of river runoff formation.

Purpose. Carry out hydrological zoning of the Southern Buh river basin with the allocation of areas with the same conditions for the spring floods formation by a set of morphometric characteristics of rivers and their basins and hydrometeorological and agrometeorological factors.

Methods. Using a statistical model of factor analysis (*R*-modification) the most significant factors from the totality of all features were identified. There are two factors – the first describes 38% of the total variance of all factors (latitude of catchment centers, average height of catchments, wetlands, water reserves in the snow cover, precipitation of snowmelt and maximum depth of soil freezing), and the second – 21% (river length, catchment area and the amount of precipitation that fell after snowmelt). Factor loads were used for further grouping of basins using the method of cluster analysis.

Results. As a result of territory zoning, two hydrological districts with sub-districts (district I and district II with sub-districts IIa, IIb, IIc) were identified. Area I covers the area from the source to hydrological post on the Southern Buh river basin – Trostyanchik village. Downstream and to the river mouth, the territory covers area II, which is divided into three sub-areas (sub-area IIa, IIb, IIc). Data from small rivers between the Dniester and the Southern Buh are involved in the hydrographical network. The boundaries of hydrological districts in the Southern Buh river basin were drawn along the watersheds of rivers, taking into account the physical and geographical zoning of the territory and involving in the analysis of maps of soil cover and vegetation in the basin. The hydrological zoning of the Southern Buh river basin under the conditions of spring flood formation is in good agreement with the zoning of the plain territory of Ukraine, which was performed by different authors over time.

Conclusions. The use of statistical methods in the work allowed to clarify the boundaries of existing districts and identify new sub-districts in the Southern Buh river basin. The analyzed natural conditions have shown that within the limits of hydrological zoning they have certain features of spring floods formation. Such features will be used in the substantiation of the regional method of long-term forecasting of the characteristics of spring flood in the Southern Buh river basin.

KEYWORDS: hydrological zoning, spring flood, Southern Buh

References

1. Guide to hydrological practices. Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications. (1994). World meteorological organization (WMO). No. 168. Fifth edition. Retrieved from <http://www.innovativehydrology.com/WMO-No.168-1994.pdf>
2. Guide to Hydrological Practices, Volume II: (2009). Management of Water Resources and Applications of Hydrological Practices. WMO. No. 168. Retrieved from. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=222
3. Dokus, A.O. (2018). The current state of hydrological zoning under the conditions of river runoff formation. Materials of the II All-Ukrainian Plein Air on Natural Sciences. Odessa, July 26-28, (pp. 63-64).
4. Obodovsky, A.G. (1987). Channel-forming flow rates of rivers in the flat part of Ukraine. Candidate's Thesis, Moscow State University M.V. Lomonosov.
5. Loboda, N.S. (2005). Calculations and generalizations of the characteristics of the annual flow of Ukrainian rivers under conditions of anthropogenic influence. Odessa: Astroprint Publishing House.
6. Melnyk, S.V. & Loboda, N.S. (2010). Division into districts of basin of the top Dnestr on character of fluctuations of the river runoff on the basis of data clustering. *Ukrainian hydrometeorological journal*, (6), 180-189. Retrieved from <http://uhmj.org.ua/index.php/journal/issue/view/5/6-2010-pdf>
7. Serbov, M.G. & Kiriyak, S.G. (2010). Use of multidimensional statistic analysis methods at hydrological zoning (by the example of the flat territory in the Ukraine). *Bulletin of Odessa state environmental university*, (9), 152-158.
8. Grebin, V.V. (2010). Modern streamflow regime of rivers in Ukraine (landscape-hydrology analysis). Kyiv: Nika-Center.
9. Gorbachova, L.O. (2015). Modern intra-annual distribution of water runoff in Ukraine's rivers. *Ukrainian Geographical Journal*, (3), 16-23. <https://doi.org/10.15407/ugz2015.03.016>
10. Gorbachova, L.O. & Khrystyuk, B.F. (2016). The hydrologic regionalization of the territory of Ukraine for the formation conditions of the Annual streamflow based of andrews' curves. *Ukrainian Geographical Journal*, (3), 27-33. <https://doi.org/10.15407/ugz2016.03.027>
11. Ovcharuk, V.A. (2020). Maximum runoff of spring flood of plain rivers of Ukraine: Monograph. Odessa: Helvetica Publishing House.
12. Chornomorets, Yu.O. (2005). Zoning of the territory of the Ukrainian Carpathians under the conditions of water runoff formation. *Bulletin of KNU. T. Shevchenko*, (51), 52-54. Retrieved from http://www.library.univ.kiev.ua/ukr/host/10.23.10.100/db/ftp/visnyk/geograf_51_2005.pdf
13. Lowley, D. & Muskwel A. (1967). Factor analysis as a statistical method. Moscow: Mir.
14. Iberla, K. (1980). Factor analysis; lane. with English Moscow: Statistics.
15. Kim J.-O., Mueller Ch.U., Klekka U.R. et al. (1989). Factor, discriminant and cluster analysis; translation with English. Finance and statistics.
16. Shkolny, E.P., Loeva I.D. & Goncharova L.D. (1999). Processing and analysis of hydrometeorological information: manual. Kyiv: Ministry of Education of Ukraine.
17. Loboda, N.S. (2010). Methods of statistical analysis in hydrological calculations and forecasts. Odessa: Ecology.
18. Romakin, V.V. (2006). Computer Data Analysis: tutorial. Mykolayiv: Moscow State University Publishing House named after Petra Mogili.
19. Gopchenko, E.D., Shakirzanova Zh.R. (2005). Territorial long-term forecasting of the maximum water discharge of spring floods: a tutorial. Kiev: KNT.
20. Shakirzanova, Zh.R. (2015). Long-term forecasting of characteristics maximum runoff spring flood plain rivers and estuaries in Ukraine: monograph. Odesa: LLC «Pluton».
21. Water Framework Directive 2000/60/EC. (2006). Definitions of Main Terms. Kyiv.
22. Grebin, V.V., Mokin, V.B. Stashuk, V.A., Khilchevsky, V.K., Yatsyuk, M.V., Chunaryov, O.V., Kryzhanovsky, E.M., Babchuk, V.S. & Yaroshevych, O.E. (2013). Methods of hydrographic and water management zoning of the territory of Ukraine in accordance with the requirements of the Water Framework Directive of the European Union. Kyiv: Interpress LTD.
23. Zhao, R. (1983). Watershed Hydrological Model-Xinanjing Model and Northern Shaanxi Model; Water Resources and Electric Power Press: Beijing, China.
24. Krysanova, V., Hattermann, F., Wechsung, F. (2005). Development of the ecohydrological model SWIM for regional impact studies and vulnerability assessment. *Hydrology. Process.* 19, 763-783. <https://doi.org/10.1002/hyp.5619>
25. Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A. O'Connell, P.E.* & Rasmussen, J. (1986). An Introduction to the European Hydrological System – Systeme Hydrologique Europeen, "SHE," 2: Structure of a Physically-Based, Distributed Modelling System. *Journal of Hydrology*, 87(1-2), 61-77. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(86\)90115-0](https://doi.org/10.1016/0022-1694(86)90115-0)
26. MIKE11. (2012). A Modelling System for River and Channels. User guide. Vol. 2. DHI. Retrieved from https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Water_Resources/Mike_11_ref.pdf
27. Niedzielski T., Mizinski B., Kryza M. ... Witek, M. (2014). HydroProg: a system for hydrologic forecasting in real time based on the multimodelling approach. *Meteorology Hydrology and Water Management*, 65-73. <https://doi.org/10.26491/mhwm/36619>
28. Smith, P.J., Pappenberger, F., Wetterhall, F...Baugh, C. (2016). On the Operational Implementation of the European Flood Awareness System (EFAS), Flood Forecasting: A Global Perspective. 313-348. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801884-2.00011-6>

29. Wetterhall, F. & Di Giuseppe, F. (2018). The benefit of seamless forecasts for hydrological predictions over Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22 (6), 3409-3420. <https://doi.org/10.5194/hess-22-3409-2018>
30. Ntelekos, A.A., Georgakakos, K.P. & Krajewski, W.F. (2006). On the uncertainties of flash flood guidance: Toward probabilistic forecasting of flash floods. *Journal of Hydrometeorology*, 7(5), 896-915. <https://doi.org/10.1175/JHM529.1>
31. WSIM – Water Security Indicator Model. Retrieved 2020, March 19 from <https://wsim.isciences.com/>
32. Borovikov, V. (2003). *Statistica. The Art of Computer Data Analysis: For Professionals*. 2nd ed. (+ CD). St. Petersburg: Peter.
33. Dokus, A.O. (2019). Zoning of the Southern Bug basin under the conditions of spring river flood formation. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Relief, Climate and Surface Waters as Objects of Natural and Geographical Research (to the 70th Anniversary of the Departments of Geology and Geomorphology, Meteorology and Climatology, Hydrology and Hydroecology)»*. October 2-4. Kyiv, (pp. 42-44).
34. Kuzin, P.S. (1960). River classification and hydrological zoning of the USSR. Leningrad: Gidrometeoizdat.
35. Sinaiskaya, T.M. & Shveikin Yu.V. (1971). Asynchronous flow and water resources of the main rivers of the irrigated regions of the Ukrainian SSR. *Proceedings of UkrNIGMI*. (71), 124-136.
36. Khristoforov, A.V. (1993). Reliability of river flow calculations. Moscow: Moscow State University Publishing House.
37. Geographic maps of Ukraine. Retrieved 2018, January 11 from <http://geomap.land.kiev.ua>
38. Atlas of Ukraine. Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, 1999-2000. Retrieved 2018, January 11 from <https://atlas.igu.org.ua>
39. Atlas: geography of Ukraine [CD-development]. (2004). Institute of Advanced Technologies,
40. Dokus, A.O. & Shakirzanova, Zh.R. (2020). Features of the method of long-term forecasting of the characteristics of the spring flood of plain rivers in different physical and geographical zones. *Proceedings of the international scientific-practical conference «Geological, hydrological and biological diversity of Polissya»*. Rivne, (pp. 145-149).

The article was received by the editors 01.11.2021

The article is recommended for printing 20.12.2021

А. А. ДОКУС¹, канд. географ., наук,
старший преподаватель кафедры гидрологии суши
e-mail: angel.dokus@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0912-6411>
Ж. Р. ШАКИРЗАНОВА¹, д-р географ. наук, проф.,
заведующая кафедры гидрологии суши
e-mail: jannetodessa@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0600-5657>
¹Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 5, г. Одесса, 65016, Украина

РАЙОНИРОВАНИЕ БАССЕЙНА РЕКИ ЮЖНЫЙ БУГ ПО УСЛОВИЯМ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК

Цель. Выполнить гидрологическое районирование бассейна р. Южный Буг с выделением районов с однотипными условиями формирования весенних половодий по комплексу морфометрических характеристик рек и их бассейнов и гидрометеорологических и агрометеорологических факторов.

Методы. На основе статистической модели факторного анализа (*R*-модификации) выявлены наиболее значимые факторы из совокупности признаков и использованы факторные нагрузки для последующей группировки бассейнов с применением метода кластерного анализа.

Результаты. Выполнено гидрологическое районирование по условиям формирования весеннего половодья рек территории бассейна р. Южный Буг, позволившее выделить два гидрологических района (район I и район II с подрайонами IIa, IIб, IIв). Границы гидрологических районов проведены по водоразделам рек, учитывая физико-географическое районирование территории и с привлечением к анализу карт почвенного покрова, растительности территории.

Выводы. Проанализированные природные условия показали, что в пределах гидрологического районирования они имеют определенные особенности формирования весенних половодий. Такие особенности будут использованы при обосновании региональной методики долгосрочного прогнозирования характеристик весеннего половодья рек в бассейне р. Южный Буг.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидрологическое районирование, весеннее половодье, Южный Буг

Статья поступила в редакцию 01.10.2021

Рекомендована в печать 20.12.2021