

original article | UDC 502.3:556:504.0641 | doi: 10.31210/visnyk2022.03.11

## STUDY OF RIVER FLOW VULNERABILITY TO CLIMATE CHANGES IN URBOSYSTEMS ON THE BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

A. Reshetchenko

ORCID  [0000-0003-0767-8597](https://orcid.org/0000-0003-0767-8597)

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Marshala Bazhanova Str., 17, Kharkiv, 61002, Ukraine

E-mail: [alena.reshetchenko@gmail.com](mailto:alena.reshetchenko@gmail.com)

### How to Cite

Reshetchenko, A. (2022). Study of river flow vulnerability to climate changes in urbosystems on the basis of sustainable development. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 90–96. doi: 10.31210/visnyk2022.03.11

*Climate change leads to a significant impact on water bodies. The relevance of the research covered in this article is primarily related to the implemented political orientation of Ukraine to achieve the goals of sustainable development, which was approved at the legislative level by the Presidential Decree. The fight against climate change and its consequences is defined as one of the primary goals and requires urgent measures. In Ukraine, the Concept of implementation of the state policy in the field of climate change for the period up to 2030 has been approved. The highlighted research results in this publication correspond to the 13 and 6 goals of sustainable development, such as "Combating climate change" and "Clean water and adequate sanitation". Data from systematic observations of water flow in the Lopan River from 1980 to 2019, obtained by the Kharkiv Regional Hydrometeorological Center at observation post No. 78371, Kozacha Lopan settlement, were used to study surface runoff changes. ERA5, the fifth generation ECMWF Global Climate Atmospheric Reanalysis, was used to analyze temperature changes and precipitation in the period from 1979 to 2021. Based on the results of processing the obtained observational data, it was determined that summer and winter temperatures have increased by almost 1.2–1.3 °C over 30 years. According to the results of the calculations, it was found that the average volume of the Lopan river flow decreased from 86.5 in 1980 to 39.4 in 2020. According to the calculations of the modular coefficient for the period from 1980 to 2019, it is possible to trace the decrease in the water level of the Lopan River starting from 2007, which correlates with the decrease in the amount of precipitation in the Kharkiv region and the increase in the average annual temperature in the same period. The obtained results can be used for the implementation of local recommendations on the adaptation of water management to climate change, such as: shading the shoreline of the Lopan River and reconstruction of roads and optimization of traffic flow within the limits of influence on the Lopan River in the territory of Kharkiv Oblast.*

**Keywords:** climate, sustainable development, surface runoff, global warming, urban system, temperature, precipitation.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВРАЗЛИВОСТІ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН РІЧКОВОГО СТОКУ УРБОСИСТЕМ НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

A. I. Решетченко

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна

*Кліматичні зміни призводять до значного впливу на водні об'єкти. Актуальність дослідження, що висвітлено у цій статті, першочергово пов'язана із запровадженою політичною спрямованістю України щодо досягнення цілей сталого розвитку, що затверджена на законодавчому рівні Указом*

*Президента. Боротьба із змінами клімату та її наслідками визначена як одна із першочергових цілей та потребує вжиття невідкладних заходів. В Україні затверджено Концепцію реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року. Висвітлені результати досліджень у даній публікації відповідають 13 та 6 цілям сталого розвитку таким як «Боротьба зі зміною клімату» та «Чиста вода та належні санітарні умови». Для дослідження змін поверхневого стоку використовувались дані систематичних спостережень витрат води у р. Лопань з 1980 по 2019 рр., що отримані Харківським регіональним гідрометеорологічним центром на посту спостереження № 78371, с.м.т. Козача Лопань. Для аналізу температурних змін та кількості опадів у період з 1979 по 2021 рр. було використано ERA5 – реаналіз атмосфери глобального клімату ESMWF п'ятого покоління. За результатами обробки отриманих даних спостережень визначено, що літні та зимові температури за 30 років збільшились на 0,5 °C. За результатами розрахунків виявлено, що середній об'єм стоку р. Лопань зменшився з 86,5 у 1980 році до 39,4 у 2020 році. За розрахунками модульного коефіцієнту за період з 1980 р. по 2019 р. можливо простежити за зниженням водності р. Лопань починаючи із 2007 року, що корелює із зменшенням кількості опадів на території Харківської області та підвищенням середньорічної температури у той самий період. Отримані результати можливо використовувати для впровадження локальних рекомендацій щодо адаптації водного господарства до змін клімату, таких наприклад, як: затінення берегової лінії р. Лопань та реконструкція автомобільних шляхів та оптимізація транспортного потоку у межах впливу на р. Лопань на території Харківщини.*

**Ключові слова:** клімат, сталий розвиток, поверхневий стік, глобальне потепління, урбосистема, температура, опади.

### Вступ

Антропогенні викиди парникових газів, що спричиняють зміни клімату, дедалі більше загрожують стійкості природних екосистем та здоров'ю населення. Особливо гостро повстає питання зміни клімату на територіях урбанізованих систем, що систематично знаходяться під негативним техногенним впливом. Наслідки таких загроз можуть бути значно високими, а останніми роками вони спостерігаються все більше. На веб-сайті служби моніторингу атмосфери Copernicus [1, 2] опубліковані останні данні за першу половину серпня 2022 року, що підтверджують аномальну спеку на території ЄС, що далі може рухатись і на територію України. Підвищення температури атмосферного повітря спричиняє і підвищення концентрації озону. Також дослідженнями встановлено [3–5] підвищення екстремально високих температур та зменшення екстремальних холодів, спричинених змінами клімату, (підвищення середньорічних температур та просторового розподілу атмосферних опадів) на сході Центральної Європи, включаючи Україну, а за останні три десятиріччя середньорічна температура атмосферного повітря зросла на 1,5 °C [6–7].

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів у березні 2020 року зазначило у своєму звіті що клімат України став більш посушливим. При цьому посилюється тенденція до нерівномірного розподілу опадів упродовж року, що призводить до більшої кількості та інтенсивності надзвичайних явищ погоди (зокрема, паводків та посух). Також спостерігається тенденція до збільшення території із недостатньою кількістю опадів (менше 400 мм) у теплий період року [7].

Незадовільна практика управління ресурсами часто призводить до недотримання існуючих екологічних та соціальних настанов щодо використання природних ресурсів [8–11].

Ключовими є сучасні екологічно безпечні технології забезпечення покращення стану природного середовища та ресурсів. Екологічно безпечні технологічні рішення, які забезпечують захист навколишнього середовища та раціональне управління природними ресурсами, вважаються найкращими екологічними методами в ЄС [12].

Головним чином, сьогодні, забезпечення виходу із існуючої екологічної кризи повинно базуватися на концептуальних засадах сталого розвитку, включаючи розвиток урбосистем. Обґрунтування напрямів поступової інтеграції стандартів та норм, заслуговує на особливу увагу [13].

Дослідження впливів та наслідків глобального потепління на стан поверхневих прісних водних об'єктів набуває все більшої актуальності [14–16]. Науковий доробок, що присвячений оцінці впливу зміни клімату на низку індикаторів гідрологічних режимів, що використовують глобальну гідрологічну модель із кліматичними сценаріями, підтверджує факт зменшення стоку поверхневих водних об'єктів в Центральній Європі, навколо Середземномор'я [17], отже проблема вивчення змін річкового стоку під впливом кліматичних змін є актуальною та потребує подальшого розвитку.

Метою роботи є вивчення причин виникнення та впливу кліматичних змін на річковий стік поверхневих водних об'єктів на прикладі річки Лопань Харківської області.

### Матеріали і методи досліджень

У дослідженні використовувались дані систематичних спостережень витрат води у р. Лопань з 1980 по 2019 рр., що отримані Харківським регіональним гідрометеорологічним центром на посту спостереження № 78371, с.м.т. Козача Лопань.

Джерелом даних, що було використано, є ERA5, реаналіз атмосфери глобального клімату ECMWF п'ятого покоління, що охоплює часовий діапазон з 1979 по 2021 рік, з просторовою роздільною здатністю 30 км.

При обробці систематичних спостережень витрат води у р. Лопань використовувались стандартні статистичні методи обробки даних.

Гідрологічні характеристики стоку річки розраховувались за усталеною методикою [18].

### Результати досліджень та їх обговорення

Лопань – транскордонна річка, що протікає територією Дергачівського та Харківського району Харківської області. Ліва притока р. Уди. У межах Харківської області довжина становить 71 км (рис. 1).

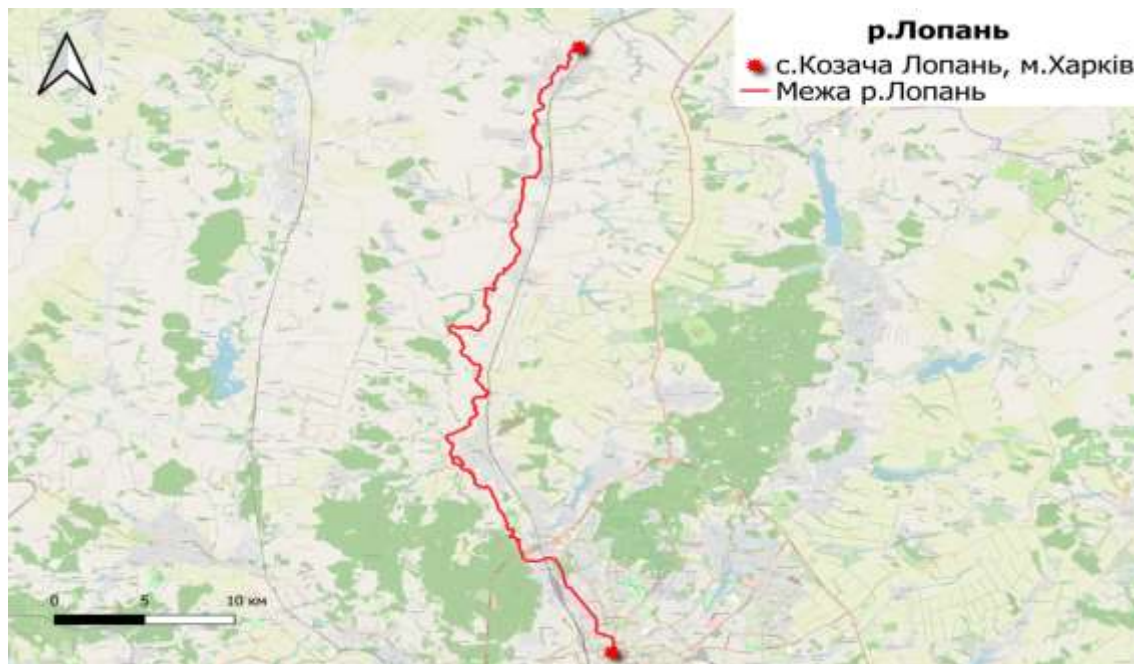


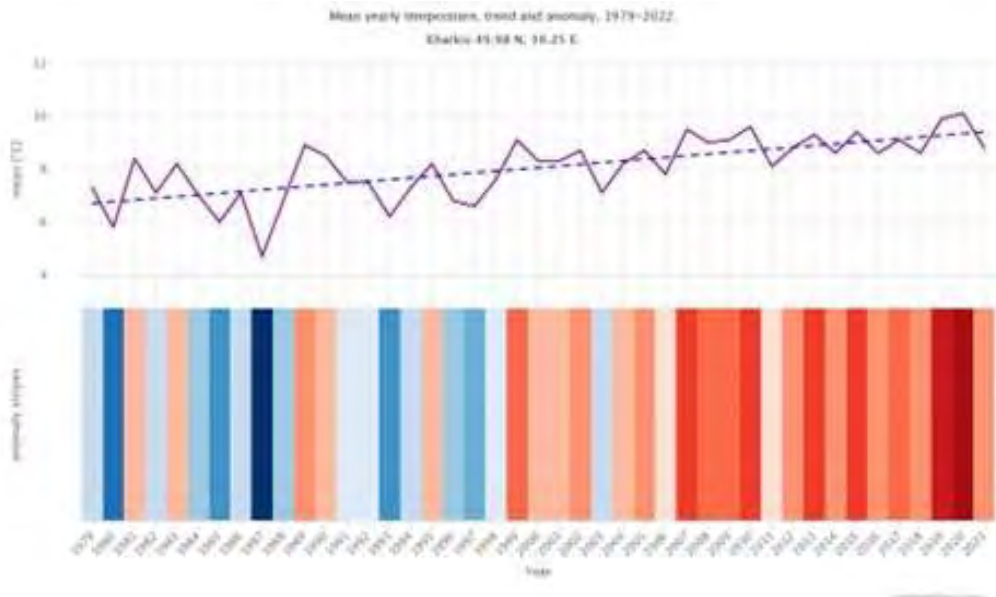
Рис. 1. Карта протяжності річки Лопань

Живлення р. Лопань переважно снігове з відносно великою часткою ґрунтового стоку порівняно із дощовим. На весняне водопілля припадає до 70 % від річного стоку. Витрати й об'єм дощових паводків значно менші відповідних характеристик весняного водопілля [19].

Для досягнення поставленої мети щодо вивчення впливу кліматичних змін на поверхневий стік річки Лопань на території м. Харків та області, було проаналізовано багаторічні дані коливання температур та опадів на досліджуваній ділянці. Діаграми, що наведені нижче (рис. 2–3) ілюструють як зміни клімату вплинули на Харківський регіон за останні 40 років. [20].

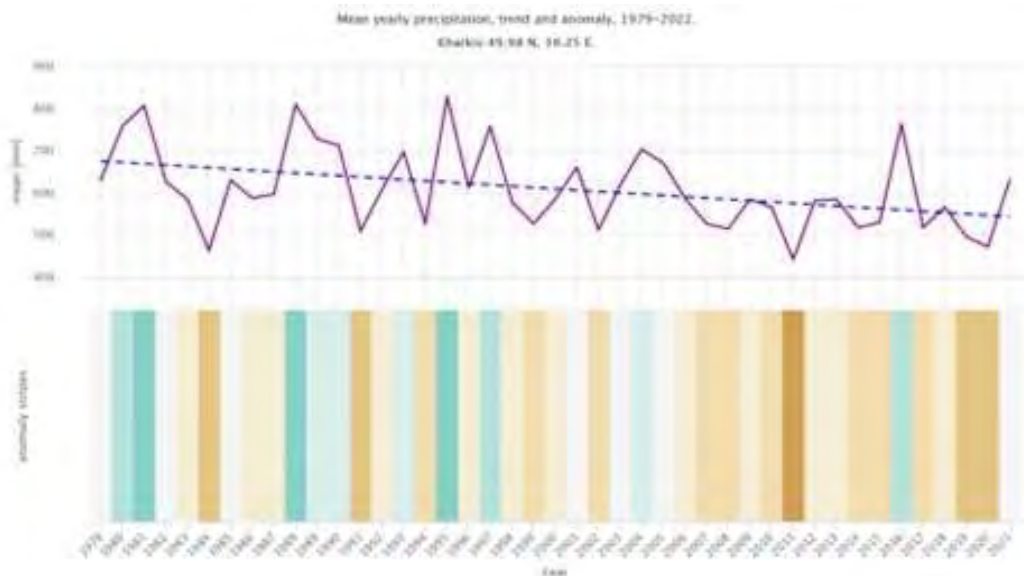
У верхній частині графіку пунктирна синя лінія – лінійна тенденція зміни клімату. Якщо лінія тренду йде вгору зліва направо, то температурний тренд позитивний і в Харкові через зміну клімату стає тепліше. Якщо він горизонтальний, чіткої тенденції не видно, а якщо він знижується, то з часом у Харкові стає холодніше. Із лінії тренду, що пропорційно підіймається вгору, можна зробити висновок, що температура повітря у Харківському регіоні поступово зростає. У нижній частині графіка зображені смуги потепління. Кожна кольорова смуга представляє середню температуру за рік – синя для холодніших і червона для теплих років.





**Рис. 2. Зміна середньорічних температур на території Харківщини за період 1979-2021рр**  
Джерело: [20]

На рис. 3 представлено графік, що демонструє річну зміну опадів у Харківському регіоні.



**Рис. 3. Річні зміни опадів на території Харківщини за період 1979–2021 рр**  
Джерело: [20]

На верхньому графіку зображена оцінка середньої загальної кількості опадів для Харківського регіону. Пунктирна синя лінія – лінійна тенденція зміни клімату. Поступове зниження лінії тренду характеризує зменшення кількості опадів на території Харківщини останніми роками. У нижній частині графіка зображено так звані смуги опадів. Кожна кольорова смуга позначає загальну кількість опадів за рік: зелена для вологих років і коричнева для більш сухих років. На підставі аналізу даних систематичних спостережень витрат води у р. Лопань було побудовано графік, що відображає динаміку змін середньорічних значень витрати води у вказаній річці.

Як видно із графіку (рис. 4), прослідковується динаміка зменшення значень витрати води р. Лопань з 1990 року і до теперішнього часу. Найвищі показники витрати річки припадають на початок досліджень у 1980 році, після чого значення витрати води у р. Лопань поступово знижуються.

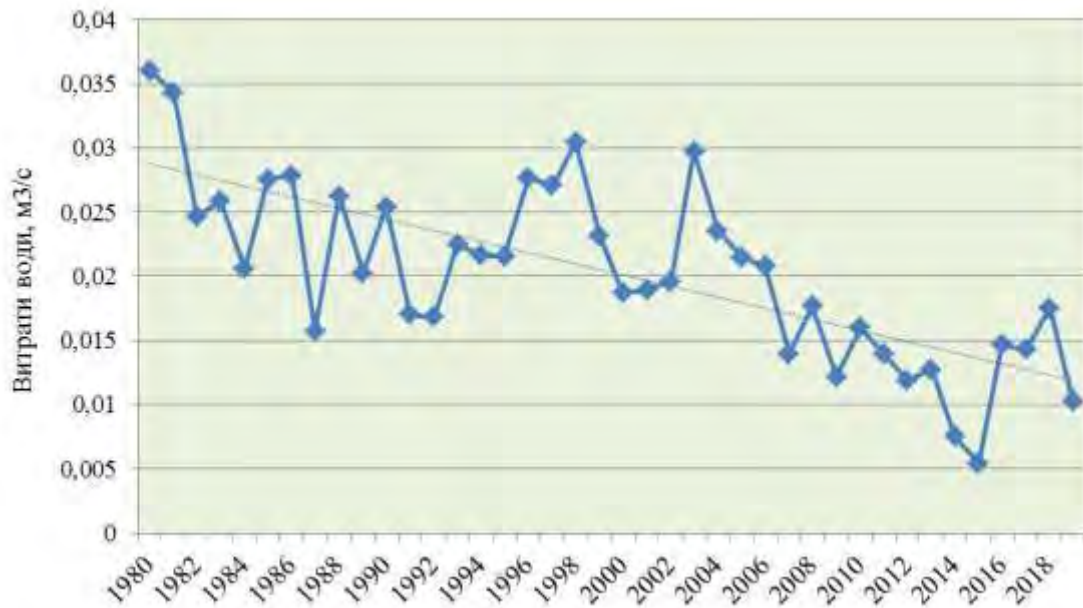


Рис. 4. Динаміка зміни середньорічних значень витрати води р. Лопань (1980–2019 рр.)

Найнижчі показники зафіксовані у 2015 році. Така динаміка може бути пов’язана із загальною тенденцією зміни кліматичних умов на території України, підвищення температури та зменшення кількості опадів, що проілюстровано на графіках рис. 2–3.

Окремо було розраховано показник модульного коефіцієнту, що характеризує водність даного року. Якщо значення  $K_i$  – понад 1,0, то роки багатоводні, а менше 1,0 – маловодні (рис. 5).

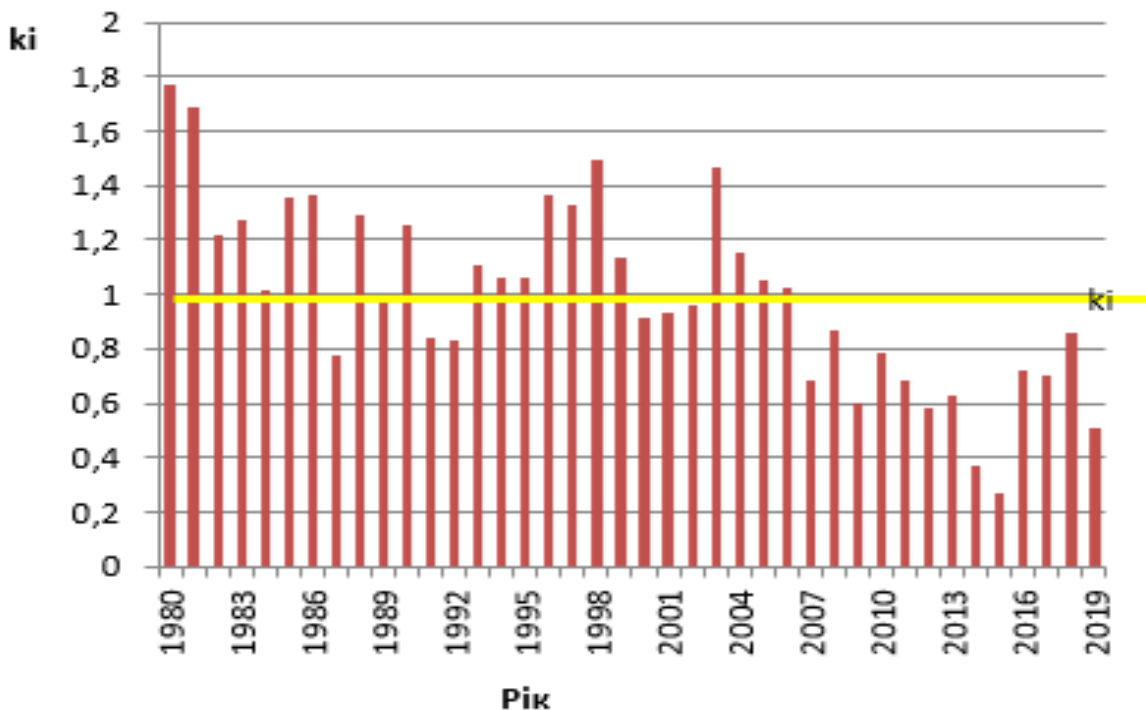


Рис. 5. Динаміка зміни модульного коефіцієнту р. Лопань (1980 – 2019 рр.)

Як видно із рис. 5, починаючи з 2007 р. річка Лопань стала маловодною, що прямо пов’язано із змінами кліматичних умов Харківського регіону та на сам перед із зменшенням кількості опадів взимку і як результат меншого обсягу весняного водопілля.

**Висновки**

Отримані розрахункові дані підтверджують факт впливу зміни температури на зміну річкового стоку у бік зменшення. За останні тридцять дев'ять років спостерігається підняття середньої температури до 0,5°C, і виходячи із отриманих графіків змін залежності температури від поверхневого стоку, можна помітити, що об'єм стоку зменшується. За розрахунками коефіцієнту модульного стоку виявлено найбільш маловодні роки р. Лопань, починаючи з 2007 р., що пов'язано із зменшенням снігового покриву у той самий період.

*Перспективи подальших досліджень.* Таким чином, отримані дослідницькі дані мають подальший розвиток та застосування у дослідженнях кліматичних змін на засадах сталого розвитку міських систем та можуть слугувати підґрунтям для розробки пом'якшувальних та адаптаційних заходів щодо зміни річкового стоку річки Лопань на території Харківської області.

**References**

1. *Pro tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku* (Ukaz Prezidenta Ukrainy). № 722/2019. (2019) Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> [In Ukrainian].
2. Repeated summer heatwaves trigger new ozone level peaks throughout Europe. *Copernicus*. (2022). Retrieved from: <https://atmosphere.copernicus.eu/repeated-summer-heatwaves-trigger-new-ozone-level-peaks-throughout-europe>
3. Sillmann, J., Kharin, V. V., Zhang, X., Zwiers, F. W., & Bronaugh, D. (2013). Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 1. Model evaluation in the present climate. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118 (4), 1716–1733. doi: 10.1002/jgrd.50203
4. Osadchyi, V. I. (2021). Klimatychna prohrama Ukrainy yak osnova tsilisnoi ekolohichnoi polityky derzhavy v umovakh zminy klimatu. *Visnyk Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy*, 6, 81–84. [In Ukrainian].
5. Trofymova, I. V. (2011). Adaptatsiia do zmin klimatu: naslidky, vrazlyvist, ryzyky. *Ekolohichna Bezpeka ta Pryrodokorystuvannia*, 7, 128–135. [In Ukrainian].
6. Lindsey, R., & Dahlman, L. (2021). Climate Change: Global Temperature. *NOAA Climate News*. Retrieved from: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
7. Ministerstvo zakhystu dovykillia ta pryrodnykh resursiv. Retrieved from: <https://mepr.gov.ua/news/35246.html>
8. Teliura, N., Tsapko, N., Khabarova, H., Lomakina, O., Pshenichnova, O., & Klochko, T. (2022). Selection Methodology of Ecological Safety Priorities of Sustainable Development Goals of Urban Agglomerations. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 941–950. doi: 10.1007/978-3-030-94259-5\_73
9. Dmitrieva, O., Khorenzhaja, I., Vasilenko, V., Osypenko, S., Teliura, N., Lomakina, O., Melnik, L., & Koldoba, I. (2020). Choosing the phytoremediation technologies for cleaning various types of wastewater. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (104)), 27–37. doi: 10.15587/1729-4061.2020.200591
10. Dmitrieva, O. O., Teliura, N. O., & Vasilenko, V. P. (2018). Implementation environmentally safe wastewater as an element of sustainable human settlements development Ukraine. *Municipal Economy of Cities*, 7 (146), 174–179. doi: 10.33042/2522-1809-2018-7-146-174-179
11. Hopchenko, Ye. D., Ovcharuk, V. A., & Shakirzanova, Zh. R. (2010). Doslidzhennia vplyvu suchasnykh zmin klimatu na kharakterystyky maksimalnogo stoku vesnianoho vodopillia v baseini richky Prypiat. *Hidrolohiiia, Hidrokhimiiia i Hidroekolohiiia*, 3 (20), 50–59. [In Ukrainian].
12. Teliura, N. (2018). Development of the methodological approach to the selection of technologies for environmentally safe water drainage in populated areas. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (96)), 55–63. doi: 10.15587/1729-4061.2018.148689
13. Reshetchenko, A. I., Teliura, N. O., & Lomakina, O. S. (2021). Obgruntuvannia tekhniko-ekonomichnykh rishen pidvyshchennia ekolohichnoi bezpeky urbosystem. *Komunalne Hospodarstvo Mist. Seriia «Tekhnichni Nauky ta Arkhitektura»*, 1 (170), 62–70. [In Ukrainian].
14. Vystavna, Y., Harjung, A., Monteiro, L. R., Matiatos, I., & Wassenaar, L. I. (2021). Stable isotopes in global lakes integrate catchment and climatic controls on evaporation. *Nature Communications*, 12 (1), 1–7. doi: 10.1038/s41467-021-27569-x
15. Shakhman, I. O., & Loboda, N. S. (2010). Obgruntuvannia stratehii vodohospodarskykh zakhodiv na terytorii Nyzhnoho Podniprovia v umovakh hlobalnogo poteplinnia. *Ukrainskyi Hidrometeorolohichnyi Zhurnal*, 6, 210–216. [In Ukrainian].

16. Loboda, N. S. (2001). Ecological Effect of changes in Hydrosphere state: Analysis of interaction of the climatic factors and annual runoff with empirical orthogonal functions and memories matrices methods. *Ecology of Siberia, the Far East and the Arctic*, 1, 79–83.
17. Arnell, N. W., & Gosling, S. N. (2013). The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale. *Journal of Hydrology*, 486, 351–364. doi: 10.1016/j.jhydrol.2013.02.010
18. Khilchevskoho, V. K., & Obodovskoho, O. H. (reds.) (2008). *Zahalna hidrolohiia: Pidruchnyk*. – 2-he vyd. Kyiv: VPTs «Kyivskiy universytet» [In Ukrainian].
19. Klymenko, V. H. (2016). Lopan. In: *Entsyklopediia Suchasnoi Ukrainy: elektronna versiia [online]*. Retrieved from: [https://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=56406](https://esu.com.ua/search_articles.php?id=56406) [In Ukrainian].
20. Meteoblue. *Climate Change Kharkiv*. Retrieved from: [https://www.meteoblue.com/en/climate-change/kharkiv\\_ukraine\\_706483?month=1](https://www.meteoblue.com/en/climate-change/kharkiv_ukraine_706483?month=1)

Стаття надійшла до редакції: 11.07.2022 р.

**Бібліографічний опис для цитування:**

Решетченко А. І. Дослідження вразливості до кліматичних змін річкового стоку урбосистем на засадах сталого розвитку. *Вісник ПДАА*. 2022. № 3. С. 90–96.

© Решетченко Альона Ігорівна, 2022