

УДК 556.18:502.3:504.062:004.9

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.40>

БАСЕЙНОВЕ ПЛАНУВАННЯ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РІЧКОВИХ ГЕОСИСТЕМ ТА ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Залізник Я.І. – д.філос. за спеціальністю 103 Науки про Землю,
викладач кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-6497-1215

Шевченко Н.О. – к.е.н., доцент,

доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0001-6722-9326

Зростання масштабів антропогенного впливу та інтенсивність проявів кліматичних змін зумовлюють нагальну потребу у впровадженні високоефективних технологій захисту водного середовища. Підвищене навантаження від промислових об'єктів, аграрного сектору та урбанізованих територій спричиняє ускладнення гідрохімічного складу вод, що вимагає застосування комплексних технічних, біотехнологічних та природоорієнтованих рішень. У багатьох моніторингових пунктах відбору проб якості вод не відповідає екологічним нормативам через перевищення вмісту біогенних елементів, важких металів, нафтопродуктів, пестицидів та мікропластику. Такий вміст забрудників пояснюється негативним впливом промислових скидів металургії, хімічної та енергетичної галузей, дифузне забруднення від сільськогосподарства, недостатньо очищені міські стоки, гідротехнічні споруди. Всі ці чинники антропогенної діяльності видозмінюють природний стік та зумовлюють фрагментацію гео- та екосистем. Надзвичайно актуальними також є руйнівні наслідки військових дій, що призводять до потрапляння небезпечних речовин у водойми. Моделювання і сценарний аналіз дають змогу прогнозувати вплив кліматичних змін, урбанізації та сільськогосподарського навантаження на водні ресурси за допомогою моделей, а також розраховувати баланс водних ресурсів для різних сценаріїв розвитку. Підтримання належної якості поверхневих вод є одним із ключових чинників збереження стабільності водних екосистем та забезпечення потреб суспільства у безпечних водних ресурсах. Погіршення їх хімічного складу спричиняє деградацію природних біоценозів, зростання санітарно-епідеміологічних ризиків та втрату можливостей для господарсько-питного використання. Ефективний моніторинг та своєчасне впровадження природоохоронних заходів дозволяють запобігати негативним змінам і забезпечують раціональне використання водних об'єктів у довгостроковій перспективі.

Ключові слова: річкові геосистеми, водне середовище, антропогенна трансформація, моніторинг, геоінформаційні системи (ГІС), басейновий підхід, екологічна безпека.

Zalizniak Ya.I., Shevchenko N.O. Basin planning and modern technologies as tools for the environmental safety of river geosystems and the aquatic environment

The increasing scale of anthropogenic impact and the intensifying manifestations of climate change underscore the urgent need to implement highly effective technologies for the protection of the aquatic environment. Elevated pressures from industrial facilities, the agricultural sector, and urbanized areas complicate the hydrochemical composition of waters, necessitating the application of integrated technical, biotechnological, and nature-based solutions. At numerous monitoring stations, water quality fails to meet environmental standards due to excessive concentrations of biogenic elements, heavy metals, petroleum products, pesticides, and microplastics. Such pollutant levels are attributable to the adverse effects of industrial discharges from the metallurgical, chemical, and energy sectors; diffuse pollution from agriculture; insufficiently treated municipal wastewater; and the influence of hydraulic engineering structures. All these factors of human activity alter natural runoff and contribute to the fragmentation of

geo- and ecosystems. Particularly pressing are the destructive consequences of military actions, which lead to the introduction of hazardous substances into water bodies. Modeling and scenario analysis make it possible to forecast the impacts of climate change, urbanization, and agricultural pressures on water resources through the use of predictive models, as well as to calculate the water balance under different development scenarios. Maintaining proper surface water quality is one of the key factors in preserving the stability of aquatic ecosystems and ensuring society's access to safe water resources. The deterioration of their chemical composition results in the degradation of natural biocenoses, the increase of sanitary and epidemiological risks, and the loss of opportunities for domestic and industrial water use. Effective monitoring and the timely implementation of environmental protection measures help to prevent adverse changes and ensure the rational use of water bodies in the long term.

Key words: river geosystem, aquatic environment, anthropogenic transformation, monitoring, geographic information systems (GIS), basin approach, environmental safety.

Актуальність теми дослідження. Водне середовище України охоплює гідросферну систему, що складається із річок, озер, водосховищ, лиманів, прибережних морських акваторій та підземні води, які тісно пов'язані з атмосферою, літосферою та біотою. Стан водного середовища визначається поєднанням природних процесів та зростаючого антропогенного навантаження, яке поступово його трансформує.

Для того, щоб контролювати рівень поллютантів у водному середовищі, застосовують систему державного моніторингу. Така система охоплює понад понад п'ятсот пунктів контролю з вимірюванням десятків показників, з використанням геоінформаційних систем та дистанційного зондування для картографування забруднення і моделювання стоку, біоіндикації за структурою гідробіоценозів та гідрохімічного профілювання для виявлення джерел забруднення.

Постановка проблеми. Дослідження, які містять розробки теоретичних основ і практичних методів для визначення та оцінювання антропогенного навантаження і стійкості геосистем, можна знайти у таких авторів: Г. І. Денисика [1, 2], В. М. Самойленка [3, 4, 5, 6], Л. Л. Малишевої [7], С. П. Романчука [8], С. П. Сонька [9], а також ряді інших вітчизняних та зарубіжних вчених. Проте, виникають складнощі через об'ємність та складність досліджуваного об'єкта.

У дослідженні стану річок більшого поширення набуває басейновий підхід, який дозволяє реалізовувати моніторинг забруднень водного середовища завдяки поділу річки на окремі системи (притоки), які виступають індикаторами стану. Управління та контроль якості вод за таким підходом здійснюється в межах цілісної гідрографічної одиниці – річкового басейну, а не за адміністративними кордонами. Це відповідає вимогам Водної рамкової директиви ЄС [10] і дозволяє враховувати всі джерела впливу на водні об'єкти – від верхів'їв до гирла – у взаємозв'язку з природними процесами та антропогенними навантаженнями.

Основні проблеми, які виникли в результаті тих чи інших змін під впливом антропогенного чинника, є:

- дефіцит водних ресурсів у південних і східних регіонах;
- зростання температури води та зміни гідрологічного режиму під впливом кліматичних змін;
- кумулятивний ефект забруднень і недостатня інтеграція природоорієнтованих рішень у планування, тощо [11].

Методика досліджень. В Україні існує багато методик польових та лабораторних досліджень річкових геосистем та водного середовища в цілому. Сучасні технології впроваджують, зокрема, ГІС у моніторинг та управління річковими басейнами. Це стало основою інтегрованого підходу, який відповідає європейським

екологічним стандартам і Водній рамковій директиві ЄС [10]. Таке поєднання поєднує просторові бази даних, результати польових вимірювань і моделювання для комплексної оцінки стану водних ресурсів.

Сучасні дослідження річок у нашій державі ґрунтуються на поєднанні різних методик. Зокрема, для побудови моделей руслових процесів, визначення витрат води за допомогою електромагнітних вимірювачів тощо здійснюється завдяки гідрологічним та гідравлічним вимірюванням. Отримані дані використовують для прогнозування паводків та оцінки стійкості річища [12]. Моніторинг якості води здійснюється через автоматизовані станції, що передають у реальному часі дані про водневий показник, розчинений кисень, температуру та електропровідність, доповнені лабораторними аналізами на вміст біогенних елементів, важких металів, мікропластика, пестицидів і фармацевтичних речовин. Також поширеними є біологічні методи оцінки, які передбачають використання біоіндикаторів – макрзообентосу, іхтіофауни, фітопланктону [13]. Завдяки таким методам формують уявлення про видовий склад та джерела забруднення.

Досить розповсюдженими є використання засобів дистанційного зондування та ГІС-аналізу. Такі методи включають використання супутникових даних для моніторингу змін водної поверхні, замулення та цвітіння, застосування безпілотників для детальної фіксації руслових процесів і створення багатошарових карт, що інтегрують екологічні, гідрологічні та соціально-економічні параметри. Важливу роль відіграє і громадський моніторинг, коли місцеві жителі беруть участь у фіксації екологічних змін та сповіщенні про проблеми, що, у поєднанні з обміном даними між державними установами, науковими центрами та екологічними організаціями, створює базу для більш оперативного й ефективного управління станом річкових систем [12].

Результати досліджень. Для встановлення рівня трансформації річкових геосистем було проаналізовано річку Південний Буг в межах Вінницької області за окремими показниками на період 2019–2021 рр. [14]. Об'єктом досліджень виступили ліві притоки басейну річки Південний Буг та застосовано басейновий підхід для проведення польових досліджень. Досліджувані річки та точки відбору проб подано у таблиці 1. Отримані проби було проаналізовано у лабораторії та здійснено порівняння за деякими показниками у вигляді графіків, які відображено на рисунках 1–3.

Проби відбирали, згідно до методики, чотири рази на рік – у періоди осінньо-літньої та зимової межени, весняної повені. Забір здійснювали біля витоку й гирла річки, а також поблизу сільськогосподарських і промислових об'єктів на різних відстанях за течією. Місця відбору визначали за критерієм базису ерозії, оскільки наближення приток до Південного Бугу зумовлює зростання концентрації забруднювальних речовин. Дослідження виконували згідно з методикою моніторингу поверхневих вод [15] для встановлення сезонної динаміки якості води.

Аналіз просторово-часової динаміки вмісту сульфатів та хлоридів у досліджуваному водному об'єкті свідчить про наявність стійкої тенденції до їх зростання, що є індикатором погіршення гідрохімічного стану. Збільшення концентрацій цих іонів, особливо у літньо-осінній період, може бути зумовлене поєднанням природних та антропогенних чинників. До природних належать гідрологічні умови сезону, зменшення водності та підвищення температури, що сприяють інтенсивнішому випаровуванню та концентрації розчинених солей. Антропогенний вплив, імовірно, проявляється через скиди недостатньо очищених стічних вод, поверхневий змив із сільськогосподарських угідь та можливе надходження мінералізованих підземних вод.

Таблиця 1

**Характеристика пунктів спостережень за гідрохімічним режимом
річок басейну Південного Бугу (сформовано автором)**

№ з/п	Річка	Пункт спостереження (місця водозборів)	Період спостереження	Кількість проб (за всі роки спостережень)	Кількість показників хім. складу
1	Снивода	с. Мар'янівка – витік; с. Іванів – місце впадіння; с. Пиків – рибгосп	2019–2021 рр.	24	15
2	Десна	с. Флоріанівка – витік; селище Стрижавка – місце впадіння; с. Лозівка – СФГ «Лоза»	2019–2021 рр.	24	15
3	Соб	с-ще. Ксаверівка – витік; поблизу м. Ладижин – місце впадіння; м. Іллінці – поблизу підприємств	2019–2021 рр.	24	15
4	Удич	с. Погоріла – витік; с. Хмарівка – місце впадіння; с. Пологи – відбір вод від м. Теплик	2019–2021 рр.	24	15
5	Устя	с. Медвежа – витік; – південний схід від м. Немирів; – с. Гранітне – місце впадіння поблизу м. Немирів	2019–2021 рр.	24	15
6	Рудка	с. Ситківці – витік; с. Щурівці – місце впадіння; с. Косанове – ПСП «Мрія»	2019–2021 рр.	24	15
7	Південний Буг	м. Вінниця: – на північ від міста; – на південь від міста; – КП «Вінницяоблводоканал»; – Сабарівська ГЕС; – фабрика «Roshen» (біля фонтанів)	2019–2021 рр.	48	15
8	Південний Буг	м. Ладижин: – на північний захід від міста; – на південний схід від міста; – Ладижинська ТЕС; – комбінат комунальних підприємств	2019–2021 рр.	36	15
9	Південний Буг	м. Хмільник: – на захід від міста; – на північний схід міста; – центр	2019–2021 рр.	24	15
10	Південний Буг	с. Ставки: – на захід від населеного пункту; – центр; – на межі областей	2019–2021 рр.	24	15

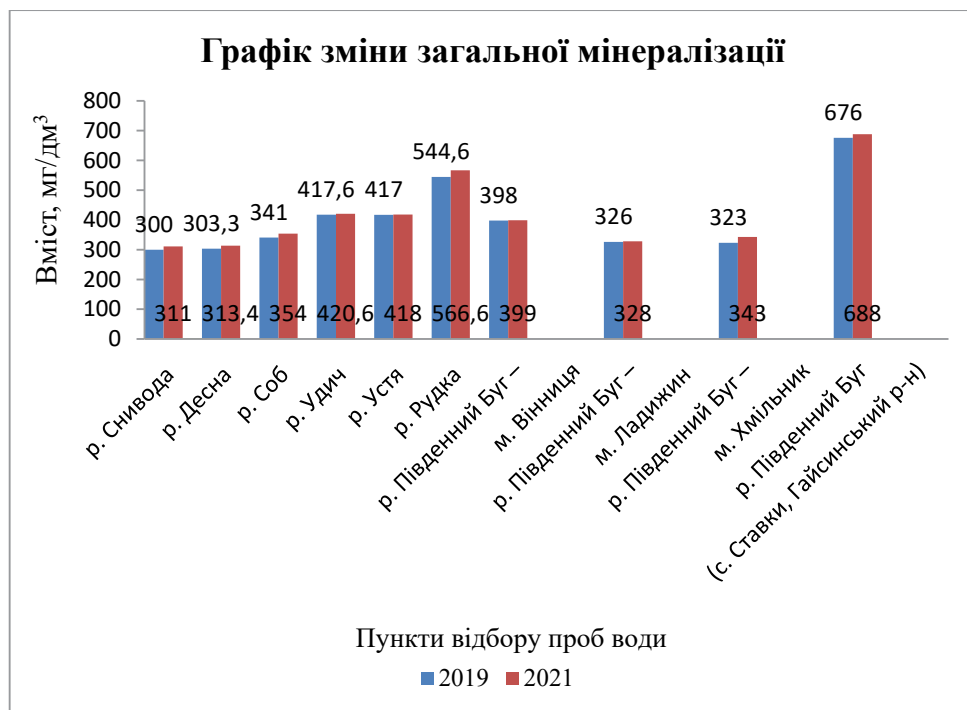


Рис. 1. Графік зміни вмісту загальної мінералізації на період 2019–2021 рр.

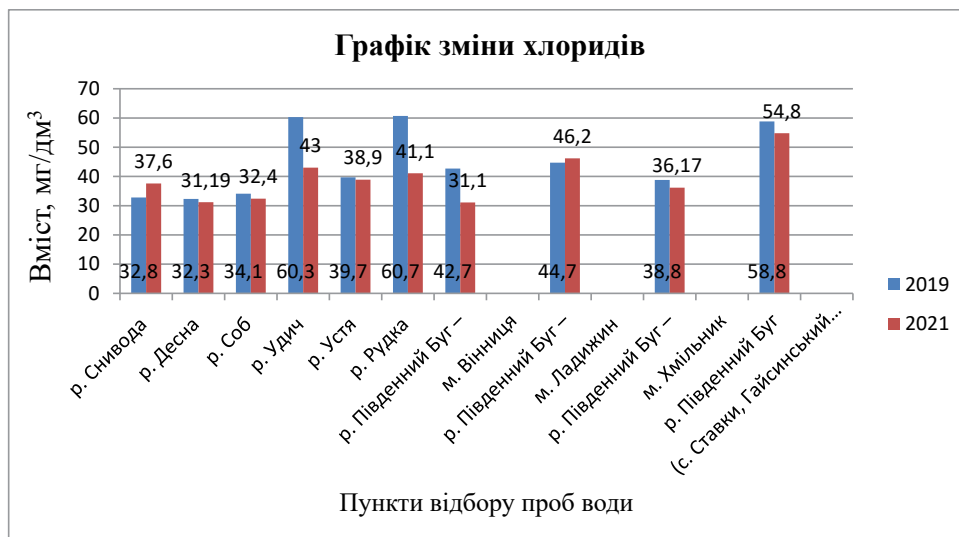


Рис. 2. Графік зміни вмісту хлоридів на період 2019–2021 рр.

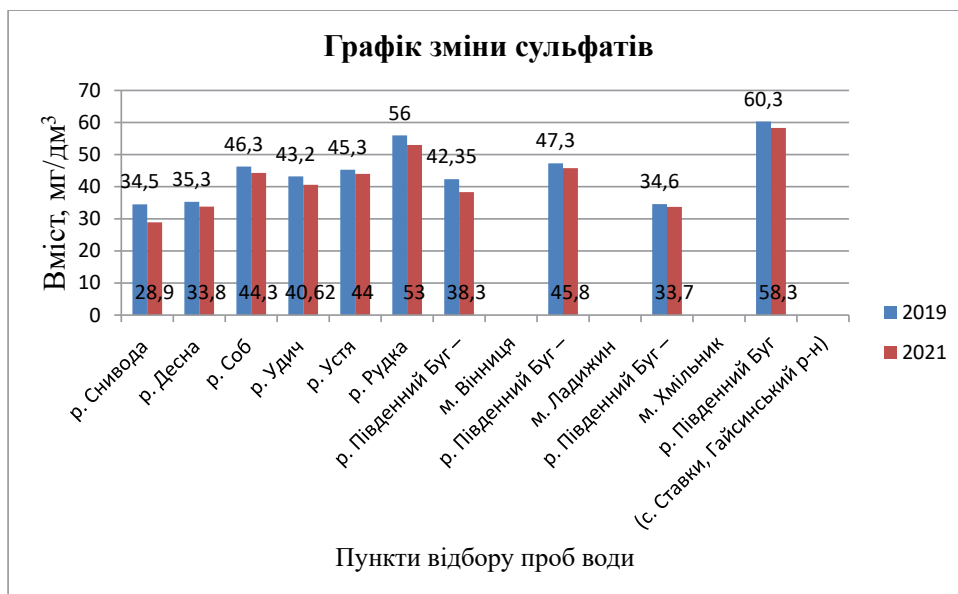


Рис. 3. Графік зміни вмісту сульфатів на період 2019–2021 рр.

Зростання вмісту сульфатів і хлоридів має важливе екологічне значення, оскільки надлишкові концентрації цих компонентів можуть змінювати осмотичний баланс водних екосистем, впливати на видовий склад гідробіонтів та знижувати якість води для господарсько-питного водопостачання. Особливу увагу варто приділити моніторингу у зонах підвищеної вразливості, зокрема у гирлових ділянках річки та поблизу населених пунктів, де ймовірність локальних піків концентрацій є найвищою.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отримані результати підтверджують необхідність удосконалення комплексної системи управління водними ресурсами, що має включати контроль за джерелами забруднення, оптимізацію водоохоронних заходів та впровадження адаптивних стратегій у відповідь на зміни клімату. Подальші дослідження варто спрямувати на деталізацію джерел надходження сульфатів та хлоридів, моделювання їх розповсюдження у водному середовищі та оцінку кумулятивного впливу на стан річкових геосистем.

Покращення якості поверхневих вод та водного середовища в цілому можливе завдяки впровадженню відновлення заплав, створення буферних смуг, ренатуралізації малих річок, модернізації очисних споруд із впровадженням сучасних технологій фільтрації, розширенню моніторингу з урахуванням нових показників та розвитку транскордонної співпраці з країнами-сусідами у спільних басейнах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Денисик Г. І. Хасцький Г. С., Стефанков Л. І. Водні антропогенні ландшафти: монографія. Вінниця: ПП «Видавництво «Теза», 2007. 216 с.
2. Денисик Г. І., Лаврик О. Д. Сучасні антропогенні ландшафти річища Південного Бугу. *Український географічний журнал*. № 3. 2011. С. 33–37.
3. Самойленко В. М., Корогода Н. П. Геоінформаційне моделювання екомереж. К.: Ніка-Центр, 2006. 224 с.

4. Самойленко В. М., Хільчевський В. К. Комп'ютерно-картографічне комплексне районування (КРЕР) річкових басейнів Полісся і півночі Лісостепу за гідрологічно-ландшафтними умовами та можливими радіоекологічними наслідками місцевого водо- і ресурсокористування. *Картографія та вища школа*. 2000. Вип. 4. С. 97–102.
5. Самойленко В. М. Моделювання урболандшафтних басейнових геосистем. К., 2007. 296 с.
6. Самойленко В. М., Верес К. О. Теоретико-прикладні аспекти моделювання стану малих басейнових геосистем урбанізованих ландшафтів. *Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія*. 2005. № 11. С. 330–338.
7. Малишева Л. Л. Методи геоecологічних досліджень. К., 1999. 242 с.
8. Романчук С. П. Історичне ландшафтознавство (теоретико-методологічні засади та методика антропогенно-ландшафтних реконструкцій давнього природокористування): монографія. К., 1998. 146 с.
9. Сонько С. П. Сучасна концепція довкілля як методологічний фундамент наук про Землю. *Водні екосистеми та збереження їх біорізноманіття: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції 22–24 травня 2019 року*. Житомир: ЖНАЕУ, 2019. С. 146–147.
10. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення. К., 2006. 240 с.
11. Дорогунцов С. І. Водні ресурси України (проблеми теорії та методології); Рада по вивч. продукт. сил України НАН України. К.: Київ. ун-т, 2002. 227 с.
12. Ковальчук І. П., Ковальчук А. І. Геоінформаційне атласне картографування річковобасейнових систем. *Геополітика і екхогеодинаміка регіонів. Науковий журнал*. 2014. Том 10. Випуск 1. Сімферополь. С. 63–67.
13. Myroslav S. Malovanyy, Maria Boiaryn, Oksana Muzychenko, Oksana Tsos. Assessment of the environmental state of surface waters of right-bank tributaries of the upper reaches of the Pripet River by macrophyte index MIR. *Journal of water and land development*. 2022. No. 55 (X–XII). P. 97–103.
14. Залізник Я. І. Дослідження стану басейну річки Південний Буг за допомогою геоecологічних методів. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Вип. 34. 2020. С. 31–40.
15. Курлова З., Слободянюк Т., Руда В. Методика комплексних польових географічних досліджень (відділення наук про Землю): навч.-метод. видання. К., 2018. 36 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 15.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 23.10.2025

Дата публікації: 05.12.2025